

**EKSTRAKSI PIGMEN ANTOSIANIN KULIT BUAH NAGA MERAH
(*Hylocereus polyrhizus*) MENGGUNAKAN ALAT NORMEX (NON-
THERMAL PIGMENT EXTRACTOR) BERBASIS *HYPER ELECTRIC
PULSE* (HEP)**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

**YUNI PUSPITASARI
NIM. 145100101111033**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

**EKSTRAKSI PIGMEN ANTOSIANIN KULIT BUAH NAGA MERAH
(*Hylocereus polyrhizus*) MENGGUNAKAN ALAT NORMEX (NON-
THERMAL PIGMENT EXTRACTOR) BERBASIS *HYPER ELECTRIC
PULSE* (HEP)**

Disusun Oleh :

**YUNI PUSPITASARI
NIM. 145100101111033**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah
(*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Alat NORMEX
(*Non-Thermal Pigment Extractor*) Berbasis *Hyper Electric Pulse* (HEP)

Nama Mahasiswa : Yuni Puspitasari

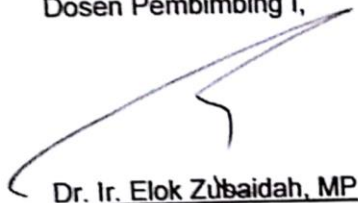
NIM : 145100101111033

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Malang, 2 Januari 2018

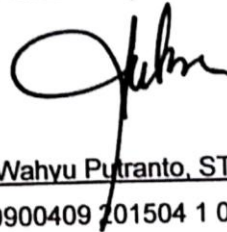
Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP

NIP. 19590821 199303 2 001

Dosen Pembimbing II,



Angky Wahyu Putranto, STP, MP

NIP. 19900409 201504 1 003

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah
(*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Alat NORMEX
(*Non-Thermal Pigment Extractor*) Berbasis *Hyper Electric Pulse* (HEP)

Nama Mahasiswa : Yuni Puspitasari

NIM : 145100101111033

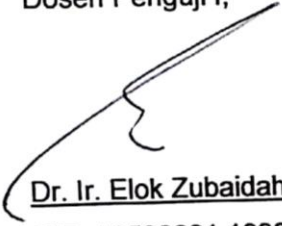
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Malang, 2 Januari 2018

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,


Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP

NIP. 19590821 199303 2 001


Angky Wahyu Putranto, STP, MP

NIP. 19900409 201504 1 003

Ketua Jurusan

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

Universitas Brawijaya



Prof. Dr. Teti Estiasih, STP, MP

NIP. 19701226 200212 2 001

Tanggal Persetujuan:

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Yuni Puspitasari
NIM : 145100101111033
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul : Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah
(*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) Berbasis *Hyper Electric Pulse*
(HEP)

Menyatakan bahwa,

Tugas akhir dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut diatas.
Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut
sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 2 Januari 2018

Pembuat Pernyataan



Yuni Puspitasari

NIM. 145100101111033

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 4 Juni 1996 dari pasangan suami istri Supardi dan Sri Rahayu. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis menempuh jenjang Sekolah Dasar di SDN Sukatani 1 dan selesai pada tahun 2008. Selanjutnya meneruskan ke SMPN 1 Rajeg dan lulus pada tahun 2011 serta menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 4 Tangerang pada tahun 2014 dan menjadi lulusan terbaik ke-2.

Tahun 2018 menjadi tahun paling bersejarah bagi penulis karena berhasil menyelesaikan pendidikannya pada tingkat Strata 1 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya. Selama pendidikannya, penulis aktif diberbagai kegiatan mahasiswa seperti organisasi, kepanitiaan, asisten praktikum dan lomba Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional. Jejak penulis dikegiatan kepanitiaan dimana penulis pernah menjabat sebagai Koordinator Acara Pekan Ilmiah Mahasiswa Baru tahun 2015, *Steering Committee* SIENTESA tahun 2017 serta PIMBA 2017, dan lain-lain. Riwayat organisasi penulis yaitu pernah menjabat sebagai Staff Ahli Bidang Penulisan dan Kompetisi di Organisasi *Agritech Research and Study Club* Fakultas Teknologi Pertanian. Penulis pun pernah menjadi asisten praktikum Biologi.

Sewaktu mahasiswa baru penulis sudah mulai merambah ke dunia kepenulisan ilmiah dan menjadi juara 1 dalam ajang Pekan Ilmiah Mahasiswa Baru Bidang PKM-M tahun 2014 serta juara 3 dalam ajang *Rector Cup* Bidang PKM-M tahun 2015. Penulis juga pernah mengikuti Lomba Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional dan menjadi Juara 1 dalam ajang LKTI Mahasiswa Tingkat Nasional yang diadakan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro tahun 2015, mendapat pendanaan dari KEMRISTEKDIKTI untuk Bidang PKM-K tahun 2015, dan meraih medali emas presentasi serta medali perak poster di Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional XXX Bidang Karsa Cipta tahun 2017.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil 'alamiin
Puji syukur kehadiran Allah SWT dan sholawat salam kepada
junjungan agung Rasulullah Muhammad SAW
Karya kecil ini aku persembahkan kepada
Keluargaku.... Ayah, Ibu, dan Adikku tercinta
Serta seluruh sahabat-sahabat yang selalu mendukungku
Tanpa kalian aku bukanlah siapa-siapa dan ini bukanlah apa-apa

Yuni Puspitasari. 145100101111033. Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) Berbasis *Hyper Electric Pulse* (HEP). SKRIPSI

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP dan Angky Wahyu Putranto, STP, MP

RINGKASAN

Maraknya penggunaan pewarna sintetis di industri makanan, serta bahaya-bahaya kesehatan yang ditimbulkan dari efek penggunaannya menyebabkan masyarakat sadar akan pentingnya penggunaan pewarna alami. Pewarna alami didapatkan dari pigmen tumbuhan atau sumber pigmen organik lainnya melalui proses ekstraksi. Salah satu pigmen yang berpotensi besar untuk diekstrak adalah pigmen antosianin. Namun, metode ekstraksi yang digunakan saat ini memiliki berbagai kelemahan yaitu rendemen yang dihasilkan rendah, waktu yang lama, teknologi yang kurang praktis karena menggunakan energi yang tinggi serta kualitas yang didapatkan kurang baik. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi alternatif untuk mengekstraksi pigmen antosianin, salah satunya dengan menggunakan inovasi alat ekstraksi pigmen antosianin bernama NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) berbasis *Hyper Electric Pulse* (HEP). NORMEX merupakan alat yang memiliki empat komponen utama yaitu *coaxial treatment chamber*, *stirrer*, sistem NORMEX, dan sistem *control*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) terhadap total antosianin dan aktivitas antioksidan kulit buah naga merah.

Metode pelaksanaan penelitian ini antara lain studi literatur, perancangan alat NORMEX, pengujian tegangan keluaran dan frekuensi, aplikasi NORMEX menggunakan kulit buah naga merah, pengujian total antosianin dan aktivitas antioksidan, serta analisis data. Pada penelitian ini tegangan keluaran yang dihasilkan NORMEX sebesar 6,2 – 40 kV dengan lebar pulsa 78 μ s. Hasil ekstraksi menggunakan NORMEX akan dibandingkan dengan hasil ekstraksi menggunakan metode maserasi selama 30 detik dan 6 jam. Hasil pengujian menunjukkan total antosianin kulit buah naga merah menggunakan NORMEX sebesar 104,02 mg/100g sehingga penggunaan NORMEX 83,34% lebih efisien dibandingkan metode maserasi. Selain itu, dihasilkan pula aktivitas antioksidan yaitu sebesar 60% sehingga lebih tinggi dibandingkan aktivitas antioksidan hasil ekstraksi dengan metode maserasi selama 30 detik dan 6 jam yang hanya sebesar 20% dan 40%. Terbukti bahwa perlakuan dengan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) dapat meningkatkan total antosianin dan aktivitas antioksidan secara efektif.

Kata Kunci : *Hyper Electric Pulse*, kulit buah naga merah, NORMEX, pigmen antosianin

Yuni Puspitasari. 145100101111033. Extraction of Anthocyanin Pigments from Red Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*) Using NORMEX (Non-Thermal Pigment Extractor) Based on Hyper Electric Pulse (HEP). RESEARCH PAPER

Supervisor : Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP and Angky Wahyu Putranto, STP, MP

SUMMARY

The rising use of synthetic dyes in the food industry, as well as the health hazards arising from the effects of its use cause the public to be aware of the importance of using natural dyes. Natural dyes are obtained from plant pigments or other organic pigment sources through the extraction process. One of the most potent pigments to be extracted is the anthocyanin pigment. However, the extraction methods used currently have weaknesses such as low yield, long time, less practical technology because of high energy use and poor quality. Therefore, an alternative solution is needed to extract the anthocyanin pigment, one of them by using an innovative anthocyanin pigment extraction machine named NORMEX (Non-Thermal Pigment Extractor) based on Hyper Electric Pulse (HEP). NORMEX is a machine that has four main components such as coaxial treatment chamber, stirrer, NORMEX system, and control system. The study aims to determine the effect of Hyper Electric Pulse (HEP) technology to the total anthocyanin content and antioxidant activity of red dragon fruit peel.

Methods of this research include literature study, NORMEX design, output voltage and frequency testing, application of NORMEX using red dragon fruit peel, total anthocyanin content and antioxidant activity, and data analysis. In this research, output voltage of NORMEX is 6.2 - 40 kV with 78 μ s pulse width. The extraction results using NORMEX will be compared with the result of the extraction using maseration method for 30 seconds and 6 hours. The results showed total antosianin content of red dragon fruit peel using NORMEX is 104.02 mg/100g, so the use of NORMEX is 83.34% more efficient than the maceration method. In addition, the antioxidant activity is also produced by 60%, so it is higher than the extraction of antioxidant activity by maseration method for 30 seconds and 6 hours which only amounted to 20% and 40%. It is proven that treatment with Hyper Electric Pulse (HEP) technology can increase total anthocyanin and antioxidant activity effectively.

Keywords: *Anthocyanin pigments, Hyper Electric Pulse, NORMEX, red dragon fruit peel*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, kuasa, kasih sayang dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. yang berjudul “Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) Berbasis *Hyper Electric Pulse* (HEP)”. Dalam penyusunan laporan akhir ini, tidak sedikit hambatan yang dihadapi, namun atas bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, adik, dan seluruh keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang selalu membantu dan memberikan arahan yang sangat berarti bagi penulisan laporan ini.
3. Bapak Angky Wahyu Putranto, STP, MP selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir sekaligus pembimbing PKM yang selalu memberikan arahan, semangat, dan motivasi dalam menyelesaikan laporan ini.
4. Prof. Dr. Teti Estiasih, STP, MP selaku ketua jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya.
5. Keluarga BERLIMA yaitu Deva, Dewi, Dite, dan Tia yang selalu menghibur dan mendukung penulis.
6. Seluruh anggota Tim PKM KC yaitu Dika, Deva, Rismoyo, dan Bagus yang telah berjuang bersama untuk PIMNAS XXX.
7. Teman-teman THP angkatan 2014.
8. Teman-teman ARSC yang selalu berbahagia.
9. Dan seluruh pihak yang turut terlibat dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu diharapkan adanya kritik dan saran untuk perbaikan di kemudian hari. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
RIWAYAT HIDUP	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Buah Naga	4
2.2 Pigmen	12
2.3 Antosianin	13
2.4 Antioksidan	15
2.5 Aktivitas Antioksidan	17
2.6 Ekstraksi Pigmen Antosianin	19
2.7 <i>Non-Thermal Hyper Electric Pulse</i> (HEP)	20
2.8 Maserasi	20
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Prosedur Analisa	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31

4.1 Pengujian Tegangan Keluaran Alat NORMEX	31
4.2 Pengujian Frekuensi Alat NORMEX	32
4.3 Total Antosianin Kulit Buah Naga Merah	33
4.4 Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Naga Merah	35
BAB V PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Buah Naga	11
Tabel 4.1 Perbandingan Efisiensi Total Antosianin Ekstrak Buah Naga Merah Pada Lama Waktu Ekstraksi 30 Detik	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batang dan Cabang Buah Naga	5
Gambar 2.2 Bunga Buah Naga	6
Gambar 2.3 Buah Naga	6
Gambar 2.4 Akar Tanaman Buah Naga	7
Gambar 2.5 Biji Buah Naga	8
Gambar 2.6 <i>Hylocereus undatus</i>	8
Gambar 2.7 <i>Hylocereus polyrhizus</i>	9
Gambar 2.8 <i>Hylocereus costaricensis</i>	9
Gambar 2.9 <i>Selenicereus megalanthus</i>	10
Gambar 2.10 Struktur Dasar Benzopiran	12
Gambar 2.11 Struktur Antosianidin	13
Gambar 2.12 Rumus Struktur Antosianin	13
Gambar 2.13 Reaksi antara DPPH [•] dengan antioksidan membentuk DPPH-H ⁺	18
Gambar 2.14 Resonansi Pada Stuktur DPPH	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Kegiatan Penelitian	22
Gambar 3.2 Kenampakan NORMEX	23
Gambar 3.3 Sistem <i>Controlling</i> NORMEX	24
Gambar 3.4 Diagram Alir Metode Ekstraksi Menggunakan NORMEX	25
Gambar 3.5 Diagram Alir Metode Ekstraksi Menggunakan Maserasi	26
Gambar 3.6 Pengujian Tegangan Keluaran	28
Gambar 3.7 Osciloskop Tektronix TDS 1012 B	29
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tinggi	31
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Lebar Pulsa	32
Gambar 4.3 Total Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga	33
Gambar 4.4 Persen penghambatan DPPH oleh ekstrak antosianin buah naga merah	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keamanan pangan merupakan salah satu persyaratan mutu yang berkaitan erat dengan bahan tambahan yang digunakan seperti pengawet, pemanis, perisa, serta pewarna makanan. Pada kenyataannya penggunaan bahan tambahan pangan (*food additive*) masih kurang terantau dengan baik dalam ketepatan penggunaannya sehingga dapat menimbulkan efek negatif bagi konsumen (Winarno, 2004). Terlebih lagi penggunaan bahan tambahan pangan khususnya pewarna menjadi faktor penting dalam industri pangan untuk meningkatkan penerimaan konsumen.

Berkembangnya industri pengolahan pangan dan terbatasnya jumlah serta kualitas zat pewarna alami menyebabkan pemakaian zat pewarna sintetis mengalami peningkatan. Hal ini didukung oleh pernyataan dari BPOM RI (2012) dimana hampir 90% industri pangan di Indonesia menggunakan pewarna sintetis. Pewarna sintetis pada makanan kurang aman untuk konsumen karena diantaranya ada yang mengandung logam berat yang berbahaya bagi kesehatan. Sebagai dampaknya, penggunaan pewarna sintetis pada makanan dalam jangka panjang dapat menyebabkan reaksi alergi, hiperaktif pada anak, serta dapat memicu timbulnya kanker (Departemen Kesehatan RI, 2012). Oleh karena itu perlu ditingkatkan teknologi untuk mengekstrak pewarna alami, salah satunya yang memiliki potensi besar adalah antosianin (Hanum, 2000).

Pigmen antosianin merupakan salah satu pigmen yang mudah larut dalam air sehingga banyak digunakan sebagai bahan alam untuk dikonsumsi karena mudah diserap oleh tubuh. Selain itu, memiliki kemampuan menangkap radikal bebas dan aktivitas antioksidan yang tinggi serta menunjukkan efek penghambatan terhadap pertumbuhan beberapa sel kanker (Santoso dan Estiasih, 2014). Salah satu bahan yang berpotensi untuk diekstrak pigmen antosianinnya adalah kulit buah naga karena memiliki pigmen warna merah yang dapat memberikan warna yang menarik pada makanan. Disamping itu, buah naga juga mudah didapatkan di pasaran dan kulitnya belum banyak dimanfaatkan, padahal di dalam kulit buah naga mengandung pigmen antosianin.

Ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai (Azmir *et al.*, 2013). Metode ekstraksi yang sering digunakan masyarakat hingga saat ini yaitu maserasi *batch* dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Namun, teknologi tersebut masih memiliki banyak kekurangan diantaranya: proses ekstraksi berlangsung lama (Saputra dkk, 2013), membutuhkan banyak pelarut (Safdar *et al.*, 2017), proses ekstraksi dengan MAE masih menggunakan panas (Farida dan Fitri, 2015). Proses pemanasan dapat menyebabkan pigmen terdegradasi selama proses, menurunkan kualitas warna, serta mempengaruhi aktivitas antioksidan (Patras *et al.*, 2011; Manasika dan Simon, 2015; Wahyuni dan Simon, 2015).

Alat yang akan digunakan untuk ekstraksi antosianin yaitu NORMEX (*Non-thermal Pigment Extractor*) yang menggunakan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP). HEP merupakan suatu proses pengolahan bahan pangan tanpa melibatkan proses pemanasan (*thermal*). Teknologi ini memiliki berbagai kelebihan diantaranya waktu ekstraksi singkat sehingga energi yang digunakan sangat rendah (Zderic and Edwin, 2016), mempertahankan kualitas antioksidan pada bahan alami yang sensitif panas (Zhang *et al.*, 2015), serta rendemen ekstraksi yang tinggi karena terjadi kerusakan pada membran sel dan peningkatan karakteristik hasil ekstraksi (Maskooki and Mohammad, 2012). Proses ini didasarkan pada aplikasi denyut pendek medan listrik pada tegangan keluaran (20-80 kV/cm) ke bahan pangan yang ditempatkan diantara dua elektroda. Denyut pendek medan listrik yang digunakan untuk proses ekstraksi sebesar 0,7-6,45 kV/cm (Toepfl, 2006).

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total antosianin dan aktivitas antioksidan dalam zat warna alami kulit buah naga merah yang diekstraksi dengan pelarut aquades menggunakan alat NORMEX (*Non-thermal Pigment Extractor*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besarnya tegangan keluaran dan lebar pulsa yang dihasilkan alat NORMEX?
2. Berapa besarnya kandungan total antosianin ekstrak kulit buah naga merah menggunakan alat NORMEX?

3. Berapa besarnya aktivitas antioksidan ekstrak pigmen antosianin kulit buah naga merah menggunakan alat NORMEX?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tegangan keluaran dan lebar pulsa pada alat NORMEX.
2. Mengetahui besarnya total antosianin yang terkandung dalam ekstrak kulit buah naga merah menggunakan alat NORMEX.
3. Mengetahui besarnya aktivitas antioksidan ekstrak pigmen antosianin kulit buah naga merah menggunakan alat NORMEX.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi akademisi, dapat menjadi media aktualisasi dan penerapan teknologi untuk menemukan solusi alternatif dalam mengatasi masalah maraknya penggunaan pewarna sintesis pada makanan. Selain itu sebagai bentuk pengabdian insan akademis dalam pembelajaran pemberdayaan masyarakat sebagai wujud Tri Dharma Perguruan Tinggi.
2. Bagi masyarakat, dapat menambah wawasan baru tentang teknologi yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan maraknya penggunaan pewarna sintesis pada makanan. Instrumen hasil penelitian ini bisa dijadikan salah satu upaya mengurangi resiko penyakit degeneratif yang timbul akibat konsumsi pangan mengandung pewarna sintesis dan mempermudah produsen pangan untuk mendapatkan pewarna alami.
3. Bagi pemerintah, dapat menjadi salah satu solusi alternatif alat ekstraksi pigmen antosianin sehingga membantu pemerintah dalam mengatasi masalah maraknya penggunaan pewarna sintesis pada makanan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Naga

2.1.1 Klasifikasi Buah Naga

Nama buah 'naga' berasal dari penampilan batangnya yang menjulur berwarna hijau, yang mirip tubuh naga. Buahnya juga bersisik dan memiliki sayap seperti seekor naga. Buah naga sebenarnya adalah buah kaktus (Sitiatava, 2011). Adapun tanaman buah naga diklasifikasikan sebagai berikut (Tim Karya Tani Mandiri, 2010):

Divisi	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Kelas	: Dicotyledonae (berkeping dua)
Ordo	: Cactales
Family	: Cactaceae
Genus	: <i>Hylocereus</i> Subfamily : <i>Hylocereanea</i>
Spesies	: <i>Hylocereus undatus</i> (daging putih) <i>Hylocereus costaricensis</i> (daging merah)

Tanaman buah naga merupakan jenis tanaman memanjat. di habitat aslinya tanaman ini memanjat tanaman lainnya untuk menopang dan bersifat epifit. Tanaman buah naga dapat tumbuh optimal pada suhu 38-40 °C. Batang buah naga berwarna hijau kebiru-biruan atau keunguan. Batang tersebut berbentuk siku atau segitiga dan mengandung air dalam bentuk lender dan berlapis lilin bila sudah dewasa. Dari batang ini tumbuh cabang yang bentuk dan warnanya sama dengan batang dan berfungsi sebagai daun untuk proses asimilasi dan mengandung kambium yang berfungsi untuk pertumbuhan tanaman. Pada batang dan cabang tanaman ini tumbuh duri-duri yang keras dan pendek, letak duri pada tepi siku-siku batang maupun cabang dan terdiri dari 4-5 buah duri di setiap titik tubuh. cabang berbentuk segi tiga dan berwarna hijau kebiru-biruan atau ungu (Tim Karya Tani Mandiri, 2010).

Bunga buah naga berbentuk corong memanjang berukuran sekitar 30 cm, akan mulai mekar di sore hari dan mekar sempurna pada malam hari. Setelah mekar warna mahkota bunga bagian dalam putih bersih dan di dalamnya terdapat benang sari berwarna kuning dan mengeluarkan bau yang harum. Buah naga

merah berbentuk bulat lonjong mirip buah nanas, namun memiliki sirip. Kulitnya berwarna merah jambu, dan dihiasi sisik- sisik yang berwarna hijau seperti sisik naga. Buah naga mempunyai daging buah seperti buah kiwi. Daging buahnya yang berwarna putih, merah, atau merah tua (keunguan), bertaburan biji hitam kecil-kecil. Rasa buah naga manis, segar, dan sedikit asam. Ketebalan kulit buah naga mencapai 2-3 cm, permukaan kulit buah naga terdapat jumbai atau jambul berukuran 1-2 cm (Tim Karya Tani Mandiri, 2010).

Tanaman buah naga tidak memerlukan perawatan khusus sejak di tanam hingga menghasilkan buah. Tanaman buah naga hanya memerlukan media tanah, pasir dan pupuk organik atau pupuk kandang. Dan cocok ditanam di lahan kritis dengan kondisi air yang memilih. Curah hujan yang besar justru tidak menguntungkan bagi tanaman ini, karena bisa mengakibatkan kerusakan dan pembusukan buah naga (Tim Karya Tani Mandiri, 2010).

2.1.2 Morfologi Buah Naga

a. Batang dan cabang

Batang buah naga berwarna hijau kebiru-biruan atau keunguan. Batang tersebut berbentuk siku atau segitiga dan mengandung air dalam bentuk lender dan berlapis lilin bila sudah dewasa. Dari batang ini tumbuh cabang yang bentuk dan warnanya sama dengan batang dan berfungsi sebagai daun untuk proses asimilasi dan mengandung kambium yang berfungsi untuk pertumbuhan tanaman. Pada batang dan cabang tanaman ini tumbuh duri-duri yang keras dan pendek, letak duri pada tepi siku-siku batang maupun cabang dan terdiri dari 4-5 buah duri di setiap titik tubuh. Cabang berbentuk segi tiga dan berwarna hijau kebiru-biruan atau ungu (Cahyono, 2009). Gambar batang dan cabang buah naga dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Batang dan cabang buah naga

b. Bunga

Bunga buah naga berbentuk corong memanjang berukuran sekitar 30 cm, akan mulai mekar di sore hari dan mekar sempurna pada malam hari. Setelah mekar warna mahkota bunga bagian dalam putih bersih dan di dalamnya terdapat benangsari berwarna kuning dan mengeluarkan bau yang harum. Bunga yang telah mekar dan menyebarkan bau yang sangat harum. Bau harum yang tersebar akan menarik perhatian hewan-hewan untuk datang dan membantu penyerbukan bunga tersebut. Hewan yang biasanya membantu penyerbukan bunga naga antara lain kelelawar dan serangga pengisap madu (Cahyono, 2009). Gambar bunga buah naga dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.2 Bunga buah naga

c. Buah

Buah naga merah berbentuk bulat lonjong mirip buah nanas, namun memiliki sirip. Kulitnya berwarna merah jambu, dan dihiasi sisik-sisik yang berwarna hijau seperti sisik naga. Buah naga mempunyai daging buah seperti buah kiwi. Daging buahnya yang berwarna putih, merah, atau merah tua (keunguan), bertaburan biji hitam kecil-kecil. Rasa buah naga manis, segar, dan sedikit asam. Ketebalan kulit buah naga mencapai 2-3 cm, permukaan kulit buah naga terdapat jumbai atau jambul berukuran 1-2 cm (Cahyono, 2009). Gambar buah naga dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Buah naga

d. Akar

Perakaran buah naga bersifat epifit, merambat dan menempel pada tanaman lain. Dalam pembudidayaannya, dibuat tiang penopang untuk merambatkan batang tanaman buah naga ini. Perakaran buah naga tahan terhadap kekeringan tetapi tidak tahan dalam genangan air terlalu lama. Meskipun akar dicabut dari tanah, masih bisa hidup dengan menyerap makanan dan air dari akar udara yang tumbuh pada batangnya. Perakaran buah naga bisa dikatakan dangkal, saat menjelang produksi hanya mencapai kedalaman 50-60 cm, mengikuti perpanjangan batang berwarna coklat yang di dalam tanah. Hal inilah yang bisa digunakan sebagai tolak ukur dalam pemupukan. Supaya pertumbuhan akar bisa normal dan baik memerlukan derajat keasaman tanah pada kondisi ideal yaitu pH 7. Apabila pH tanah dibawah 5, pertumbuhan tanaman akan menjadi lambat dan menjadi kerdil. Dalam pembudidayaannya pH tanah harus diketahui sebelum maupun sesudah tanaman ditanam, karena perakaran merupakan faktor penting untuk menyerap hara yang ada di dalam tanah (Cahyono, 2009). Gambar akar buah naga dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Akar tanaman buah naga

e. Biji

Biji buah naga berbentuk bulat berukuran kecil dan berwarna hitam, kulit biji sangat tipis tetapi keras. Biji ini dapat digunakan untuk memperbanyak tanaman secara generatif tetapi cara ini jarang dilakukan karena memerlukan waktu yang lama sampai berproduksi. Biasanya biji digunakan para peneliti untuk memunculkan varietas baru. Setiap buah mengandung biji lebih dari 1000 (Cahyono, 2009). Gambar biji buah naga dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Biji buah naga

2.1.3 Jenis Buah Naga

a. *Hylocereus undatus*

Hylocereus undatus yang lebih populer dengan sebutan *white pitaya* adalah buah naga yang kulitnya berwarna merah dan daging berwarna putih. Warna merah buah ini sangat kontras dengan warna daging buah. Pada kulit buah terdapat sisik atau jumpai berwarna hijau. Di dalam buah terdapat banyak biji berwarna hitam. Berat buah rata-rata 400-500 g, bahkan ada yang dapat mencapai 650 g. Rasa buahnya masam bercampur manis, tanaman ini lebih banyak dikembangkan di Negara-Negara produsen utama buah naga dibanding jenis lainnya karena buahnya cenderung lebih banyak diekspor (Andoko dan Nurrasyid, 2012). Gambar *Hylocereus undatus* dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 *Hylocereus undatus*

b. *Hylocereus polyrhizus*

Hylocereus polyrhizus lebih banyak dikembangkan di Cina dan Australia, memiliki buah dengan kulit berwarna merah dan daging berwarna merah keunguan. Kulitnya terdapat sisik atau jumbai berwarna hijau. Tanaman ini tergolong jenis yang sangat sering berbunga, bahkan cenderung berbunga

sepanjang tahun. Sayangnya, tingkat keberhasilan bunga menjadi buah sangat kecil, hanya mencapai 50% sehingga produktivitas buahnya tergolong rendah. Jenis tanaman buah ini memiliki batang berlilin, hijau keputih-putihan dengan tepian tajam, memiliki duri yang kecil. Panjang buahnya sekitar 30 cm dengan daun-daun pembalut besar (Andoko dan Nurrasyid, 2012). Gambar *Hylocereus polyrhizus* dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 *Hylocereus polyrhizus*

c. *Hylocereus costaricensis*

Buah *Hylocereus costaricensis* sepintas memang mirip buah *Hylocereus polyrhizus*, namun warna daging buahnya lebih merah. Itulah sebabnya tanaman ini disebut buah naga berdaging super merah. Batangnya bersosok lebih besar di banding *Hylocereus polyrhizus*. Batang dan cabangnya akan berwarna loreng saat berumur tua. Berat buahnya sekitar 400-500 g. rasanya manis dengan kadar kemanisan mencapai 13-15 briks. Tanaman sangat menyukai daerah yang panas dengan ketinggian rendah sampai sedang (Andoko dan Nurrasyid, 2012). Gambar *Hylocereus costaricensis* dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 *Hylocereus costaricensis*

d. *Selenicereus megalanthus*

Selenicereus megalanthus berpenampilan lebih berbeda dibanding jenis anggota Genus *Hylocereus*. Kulit buahnya berwarna kuning tanpa sisik sehingga cenderung lebih halus. Walaupun tanpa sisik, kulit buahnya masih menampilkan tonjolan-tonjolan. Rasa buahnya jauh lebih manis dibanding buah naga lainnya karena memiliki kadar kemanisan mencapai 15-18 briks. Buah yang dijuluki *yellow pitaya* ini kurang populer dibanding jenis lainnya. Buah naga berkulit kuning dengan daging putih, mempunyai ukuran paling kecil jika dibandingkan dengan jenis lainnya, hanya sekitar 80-100 gr. Buah naga berkulit kuning ini tidak sesuai untuk dikomersilkan. Buah naga jenis ini biasanya ditanam di daerah dingin dengan ketinggian lebih dari 800 meter di atas permukaan laut (Andoko dan Nurrsyid, 2012). Gambar *Selenicereus megalanthus* dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 *Selenicereus megalanthus*

2.1.4 Kandungan Zat Gizi

Buah naga merupakan sumber serat, vitamin, dan mineral yang baik dimana banyak memiliki manfaat untuk tubuh. Selain digunakan sebagai bahan pangan, antioksidan seperti vitamin C dan flavonoid pada buah naga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kosmetik untuk mencegah kehilangan kelembapan pada kulit (Sitiatava, 2011). Berikut merupakan kandungan gizi buah naga yang dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Kandungan gizi buah naga

Kandungan Gizi	Jumlah/100 gram
Air	83 gram
Protein	0,229 g
Lemak	0,61 g
Karbohidrat	11,5 g
Serat	0,9 g
Vitamin B1 (Thiamin)	0,28 mg
Vitamin B2 (Riboflavin)	0,045 mg
Vitamin B3 (Niacin)	0,43 mg
Vitamin C (Asam askorbat)	9 mg
Kalsium	6,3 g
Fosfor	36,1 mg

Kandungan serat yang tinggi pada buah naga sangat bermanfaat bagi tubuh karena dapat untuk menurunkan kadar kolesterol. Di dalam saluran pencernaan serat akan mengikat asam empedu (produk akhir kolesterol) dan kemudian dikeluarkan bersama feses. Semakin tinggi konsumsi serat, semakin banyak asam empedu dan lemak yang dikeluarkan oleh tubuh (Sitiatava, 2011).

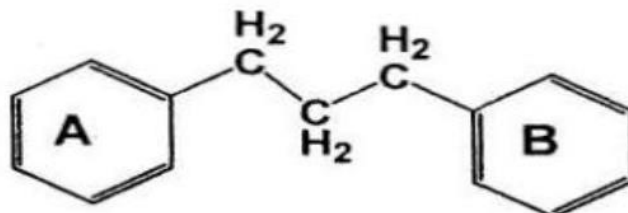
2.1.5 Manfaat dan Khasiat Buah Naga

Berdasarkan kajian terkini, buah naga tidak hanya dapat dimanfaatkan buahnya, bagian-bagian lain dari tanaman buah naga juga dapat dimanfaatkan. Buah naga yang masak memang langsung dapat dikonsumsi, sedangkan buah yang belum masak dapat dibuat sup. Bunga buah naga dapat juga dikonsumsi yaitu dengan menjadikannya sebagai sayur urap, digoreng, atau dapat dikeringkan untuk dijadikan minuman semacam teh. Dahan atau cabang buah naga juga dapat dimakan yaitu dijadikan salad, urap, digoreng, dan dijadikan sup. Masakan dari bahan tumbuhan buah naga dipercaya dapat membuang racun dalam tubuh dan membersihkan pencernaan. Di amerika selatan, dahan buah naga dihancurkan untuk dijadikan makanan ternak kambing atau sapi. Pakan ternak dari dahan tersebut terbukti dapat meningkatkan kadar susu dan kualitas daging ternak (Sitiatava, 2011).

2.2 Pigmen

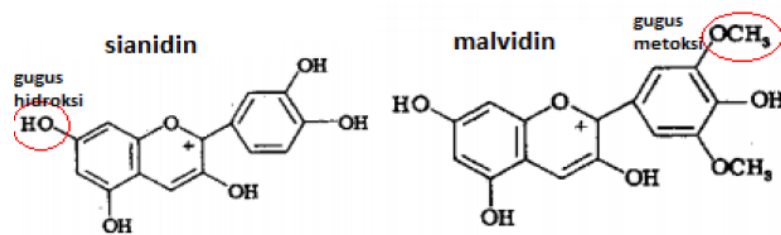
Zat warna alam (pigmen) adalah zat warna yang secara alami terdapat dalam tanaman maupun hewan. Zat warna alam dapat dikelompokkan sebagai warna hijau, kuning, dan merah. Pewarna alami dapat dipakai sebagai tambahan makanan, tetapi beberapa pewarna sintetis, terutama karotenoid, dianggap sama dengan pewarna alam sehingga tidak perlu pemeriksaan toksikologi secara ketat seperti bahan pengisi lain (Winarti dan Firdaus, 2010).

Salah satu jenis dari pigmen adalah antosianin. Antosianin berasal dari bahasa Yunani, *anthos* yang berarti bunga dan *kyanos* yang berarti biru gelap. Antosianin merupakan pigmen yang larut dalam air, tersebar luas dalam bunga dan daun, serta menghasilkan warna dari merah sampai biru. Zat pewarna alami antosianin merupakan senyawa flavonoid yang tergolong ke dalam turunan benzopiran. Struktur utama turunan benzopiran ditandai dengan adanya dua cincin aromatik benzena (C_6H_6) yang dihubungkan dengan tiga atom karbon yang membentuk cincin (Moss, 2002). Struktur dasar benzopiran disajikan pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Struktur dasar benzopiran (Moss, 2002)

Antosianin akan berubah warna seiring dengan perubahan nilai pH. Pada pH tinggi antosianin cenderung berwarna biru atau tidak berwarna, sedangkan untuk pH rendah berwarna merah. Kebanyakan antosianin menghasilkan warna merah keunguan pada pH kurang dari 4. Jumlah gugus 6 hidroksi atau metoksi pada struktur antosianidin, akan mempengaruhi warna antosianin. Adanya gugus hidroksi yang dominan menyebabkan warna cenderung biru dan relatif tidak stabil, sedangkan jika gugus metoksi yang dominan pada struktur antosianidin, akan menyebabkan warna cenderung merah dan relatif stabil (Leong dan Shui, 2002). Struktur antosianidin disajikan pada **Gambar 2.11**.

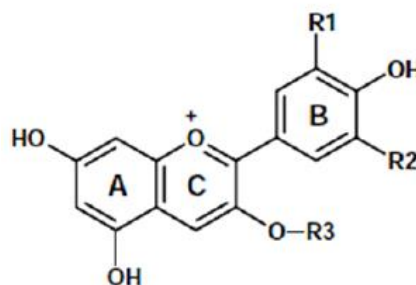


Gambar 2.11 Struktur antosianidin

2.3 Antosianin

Antosianin merupakan senyawa berwarna yang bertanggungjawab untuk kebanyakan warna merah, biru, dan ungu pada buah, sayur, dan tanaman hias (Kidmose *et al.*, 2002). Senyawa ini termasuk dalam golongan flavonoid. Struktur utamanya ditandai dengan adanya dua cincin aromatik benzena (C_6H_6) yang dihubungkan dengan tiga atom karbon yang membentuk cincin (Jackman and Smith, 2006).

Antosianin disusun dari sebuah aglikon (antosianidin) yang teresterifikasi dengan satu atau lebih gugus gula (glikon). Kebanyakan antosianin ditemukan dalam enam bentuk antosianidin, yaitu pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, dan malvidin. Gugus gula pada antosianin bervariasi, namun kebanyakan dalam bentuk glukosa, ramnosa, galaktosa, atau arabinosa. Gugus gula ini bisa dalam bentuk mono atau disakarida dan dapat diasilasi dengan asam fenolat atau asam alifatik. Apabila gugusan gula lepas, antosianin menjadi labil. Ketika pemanasan dalam asam pekat, antosianin pecah menjadi antosianidin dan gula. Terdapat sekitar 539 jenis antosianin yang diekstrak dari tanaman (Mateus dan de Freitas, 2009). Secara visual, rumus struktur antosianin disajikan pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Rumus struktur antosianin

Keterangan:

Antosianin	R1	R2
Delfinidin	OH	OH
Petunidin	OH	OCH ₃
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃
Sianidin	OH	H
Peonidin	OCH ₃	H
Pelargonidin	H	H

Antosianin diyakini mempunyai efek antioksidan yang sangat baik. Sebuah penelitian yang dilakukan di Universitas Michigan Amerika menunjukkan bahwa antosianin dapat menghancurkan radikal bebas, lebih efektif daripada vitamin E yang selama ini telah dikenal sebagai antioksidan kuat (Winarno, 2008). Penelitian lain di Amerika Serikat membuktikan bahwa antosianin merupakan antioksidan paling kuat diantara kelas flavonoid lainnya. Kandungan antosianin diyakini dapat menghambat berbagai radikal bebas seperti radikal superoksida dan hydrogen peroksida. Antosianin dan berbagai bentuk turunannya dapat menghambat berbagai reaksi oksidasi dengan berbagai mekanisme (Astawan dan Kasih, 2008). Faktor yang mempengaruhi kekuatan antioksidan pada buah-buahan berwarna ungu antara lain tingkat kematangan buah. Pada buah yang hijau hanya terdiri dari *malvidin-3-acetylglucoside* dan pigmen *polymeric* sedangkan pada buah yang masak terdiri dari *cyanidin-3-rutinoside* (>75%), *cyanidin-3-glucoside* (<17%), dan *malvidin-3-acetylglucoside* (<9%) (Rivera dkk, 2008). Selama proses pematangan, buah banyak terjadi perubahan kimia, termasuk perubahan komposisi pigmen dan perubahan warna yang melibatkan proses biosintesis dan katabolisme. Selama proses pematangan ini, kloroplas secara berangsur-angsur akan digantikan oleh kromoplas yang hanya mengandung karotenoid. Proses pematangan pada berbagai buah juga melibatkan biosintesis antosianin yang larut dalam air yang terakumulasi dalam vakuola sentral dalam sel mesofil. Proses pembentukan antosianin ini diawali oleh *malonil-CoA* yang berasal dari 3 *asetil-CoA* dan *p-koumaroil-CoA* *fenilalanin* (MacDougall, 2002). Ketika tingkat kematangan semakin tinggi maka aktivitas antioksidannya semakin tinggi, antosianin meningkat pada buah yang semakin matang.

Faktor yang juga mempengaruhi stabilitas antosianin adalah struktur antosianin dan komponen-komponen lain yang terdapat pada bahan pangan tersebut. Antosianin dapat membentuk kompleks dengan komponen polifenolik

lainnya. Komponen flavonol dan flavon yang biasanya selalu berkonjugasi dengan antosianin juga memiliki kontribusi dalam menjaga stabilitas antosianin (Gomez *et al.*, 2006).

Proses pemanasan juga merupakan faktor terbesar yang menyebabkan kerusakan antosianin. Proses pemanasan terbaik untuk mencegah kerusakan antosianin adalah pengolahan pada suhu tinggi, tetapi dalam jangka waktu yang sangat pendek (*High Temperature Short Time* (HTST)). Selain itu, peningkatan suhu penyimpanan dari 10°C menjadi 23°C, masing-masing selama 60 hari, akan menyebabkan peningkatan kerusakan antosianin dari 30 persen menjadi 60 persen. Sebaliknya, stabilitas antosianin dapat meningkat sebanyak 6-9 kali ketika suhu penyimpanan diturunkan dari 20°C menjadi 4°C. Antosianin yang disimpan di dalam ruang vakum akan lebih stabil dibandingkan dengan disimpan di ruang terbuka.

2.4 Antioksidan

Antioksidan adalah komponen yang dapat mencegah atau menghambat oksidasi lemak, asam nukleat, atau molekul lainnya dengan mencegah inisiasi atau perkembangan pengoksidasian melalui reaksi berantai. Sayuran dan buah-buahan merupakan bahan pangan yang kaya akan antioksidan. Beberapa studi menyebutkan bahwa dengan mengonsumsi sayuran dan buah-buahan segar dapat menurunkan resiko terkena kanker dan berbagai penyakit degeneratif lainnya (Wang dkk, 2007).

Pada kehidupan sehari-hari, manusia tidak dapat terbebas dari senyawa radikal bebas, asap rokok, makanan yang digoreng, dibakar, paparan sinar matahari yang berlebih, asap kendaraan bermotor, obat-obat tertentu, racun dan polusi udara yang merupakan sumber pembentuk senyawa radikal bebas. Radikal bebas merupakan molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Elektron-elektron yang tidak berpasangan ini menyebabkan radikal bebas menjadi senyawa yang sangat reaktif terhadap sel-sel tubuh dengan cara mengikat elektron molekul sel, melalui reaksi oksidasi (Pietta, 2009). Oksidasi yang berlebihan terhadap asam nukleat, protein, lemak, dan DNA sel dapat menginisiasi terjadinya penyakit degeneratif seperti jantung koroner, katarak, gangguan kognisi, dan kanker (Leong dan Shui, 2002). Karakter utama senyawa

antioksidan adalah kemampuannya untuk menangkap radikal bebas (Prakash, 2001).

Menurut Andayani dkk (2008), senyawa radikal yang terdapat dalam tubuh berasal dari luar tubuh (eksogen) maupun dari dalam tubuh (endogen) yang terbentuk dari hasil metabolisme zat gizi secara normal. Dalam proses fisiologis timbulnya senyawa radikal bebas (pro-oksidan) akan diimbangi oleh mekanisme pertahanan endogen dengan menggunakan zat (senyawa) yang mempunyai kemampuan sebagai anti radikal bebas, yang juga disebut antioksidan. Senyawa ROS (*Reactive Oxygen Species*) memberikan efek merusak bila keseimbangan antara oksidan dan antioksidan terganggu. Keseimbangan ini tergantung pada konsumsi pangan yang membawa asam-asam amino esensial dalam jumlah yang diperlukan untuk mensintesis protein serta zat gizi lain yang diperlukan. Walaupun secara teoritis senyawa radikal di dalam tubuh dapat dihilangkan apabila terdapat antioksidan, tetapi efisiensi penghilangan senyawa radikal ini tidak pernah mencapai 100%. Menurut Andayani dkk (2008), reaksi-reaksi yang melibatkan senyawa radikal merupakan asal dari berbagai macam penyakit, antara lain ginjal, diabetes, kanker, dan penyakit kardiovaskular. Pada individu yang sehat, keberadaan pro-oksidan dapat diimbangi dengan adanya antioksidan. Akan tetapi pada keadaan tertentu keseimbangan tersebut dapat terganggu, karena jumlah pro-oksidan lebih banyak dibandingkan dengan antioksidan. Oleh karena itu, penting sekali untuk meningkatkan kadar antioksidan di dalam tubuh, dan hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan konsumsi antioksidan alami. Antioksidan alami yang terdapat dalam bahan pangan dapat dikategorikan menjadi dua golongan, yaitu (1) yang tergolong sebagai zat gizi, yaitu vitamin A dan karotenoid, vitamin E, vitamin C, vitamin B2, seng (Zn), tembaga (Cu), selenium (Se), dan protein; (2) yang tergolong sebagai zat non-gizi, yaitu biogenik amin, senyawa fenol, antosianin, zat sulforaphane, senyawa polifenol dan tannin (Muchtadi, 2011).

Menurut Winarsi (2007) antioksidan digolongkan menjadi 3 kelompok, berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu antioksidan primer, antioksidan sekunder, dan antioksidan tersier.

a. Antioksidan Primer (Antioksidan Endogenous)

Antioksidan primer disebut juga antioksidan enzimatis yaitu suatu senyawa yang bekerja dengan cara mencegah pembentukan senyawa radikal bebas baru, atau mengubah radikal bebas yang telah terbentuk menjadi molekul yang kurang

reaktif. Antioksidan primer meliputi enzim superoksida dismutase (SOD), katalase, glutathion peroksidase (GSH-PX), dan glutathion reduktase (GSH-R). Enzim tersebut bekerja dengan cara melindungi jaringan dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas oksigen seperti anion superoksida (O_2^-), radikal hidroksil (OH), dan hidrogen peroksida (H_2O_2).

b. Antioksidan Sekunder (Antioksidan Eksogenus)

Antioksidan sekunder disebut juga antioksidan non-enzimatis. Antioksidan non-enzimatis banyak ditemukan dalam sayuran dan buah-buahan. Komponen yang bersifat antioksidan dalam sayuran dan buah-buahan meliputi vitamin C, vitamin E, β -karoten, flavonoid, isoflavon, flavon, antosianin, katekin, dan isokatekin. Kerja sistem antioksidan non-enzimatis yaitu dengan cara memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas. Akibatnya, radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.

c. Antioksidan Tersier

Kelompok antioksidan tersier meliputi sistem enzim *DNA-repair* dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berfungsi dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas. Kerusakan DNA yang terinduksi senyawa radikal bebas dicirikan oleh rusaknya *single* dan *double strand* baik gugus non-basa maupun basa.

2.5 Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan. Senyawa ini memiliki berat molekul yang kecil, tetapi mampu menghambat berkembangnya reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal bebas. Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. aktivitas antioksidan tidak dapat diukur secara langsung, melainkan melalui efek antioksidan dalam mengontrol proses oksidasi.

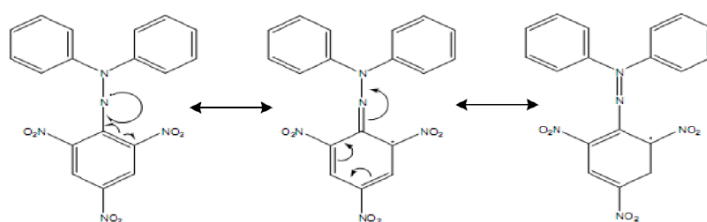
Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan. Pada pengukuran aktivitas antioksidan perlu diperhatikan sumber radikal bebas dan substrat. Untuk mengatasi masalah ini dapat digunakan beberapa metode pengukuran aktivitas antioksidan untuk mengevaluasi aktivitas dari antioksidan. Pada penelitian ini aktivitas antiokasidan diuji dengan metode DPPH. Metode uji DPPH merupakan salah satu metode yang paling banyak

Metode pengujian yang sering digunakan berdasarkan pada kemampuan substansi antioksidan tersebut dalam menetralkan radikal bebas. Radikal bebas yang digunakan adalah *1,1-diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH). Radikal bebas DPPH merupakan radikal bebas yang stabil pada suhu kamar dan larut dalam pelarut polar yaitu metanol atau etanol. Sifat stabil tersebut dikarenakan radikal bebas ini memiliki satu molekul yang terdelokalisasi dari molekul utuhnya. Delokalisasi ini akan memberikan warna gelap dengan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 517 nm. Metode uji aktivitas antioksidan menggunakan radikal bebas DPPH dipilih karena metode ini sederhana, mudah, cepat, peka, dan hanya memerlukan sedikit sampel. Metanol dipilih sebagai pelarut karena metanol dapat melarutkan kristal DPPH dan memiliki sifat yang dapat melarutkan komponen nonpolar didalamnya (Molyneux, 2004).

Radikal Bebas DPPH[•] RH (antioksidan) DPPH-H

Adanya elektron tidak berpasangan pada radikal bebas DPPH menyebabkan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 517 nm sehingga berwarna ungu. Suatu senyawa dikatakan memiliki aktivitas antioksidan apabila senyawa tersebut mampu mendonorkan atom hidrogennya pada radikal bebas DPPH. Hal ini ditandai dengan terjadinya perubahan warna ungu menjadi kuning pucat. Hasil rekasi antara DPPH dari ungu pekat menjadi kuning akibat terjadinya resonansi struktur DPPH.

Perubahan warna dari ungu menjadi kuning sebagai absorptivitas molar radikal DPPH pada 517 nm, ketika elektron tak berpasangan pada radikal DPPH berpasangan dengan atom hidrogen membentuk DPPH-H tereduksi. Perubahan tersebut dapat diukur dengan spektrofotometer dan dihubungkan terhadap konsentrasi. Penurunan intensitas warna yang terjadi disebabkan oleh berkurangnya ikatan rangkap terkonjugasi pada radikal DPPH berpasangan dengan hidrogen zat antioksidan menyebabkan tidak adanya kesempatan elektron tersebut beresonansi. Resonansi pada struktur DPPH dapat dilihat pada **Gambar 2.14**.



Gambar 2.14 Resonansi pada stuktur DPPH

2.6 Ekstraksi Pigmen Antosianin

Ekstraksi merupakan salah satu metode pemisahan dua atau lebih komponen dengan menambahkan suatu pelarut yang tepat. Ekstraksi meliputi distribusi zat terlarut diantara dua pelarut yang tidak saling bercampur. Pelarut yang umum dipakai adalah air dan pelarut organik lain seperti kloroform, eter, dan alkohol (Umar, 2008).

Prosedur ekstraksi, zat-zat terlarut akan terdistribusi diantara lapisan air dan lapisan organik sesuai dengan perbedaan kelarutannya. Ekstraksi lebih efisien apabila dilakukan berulang kali dengan jumlah pelarut yang lebih kecil daripada dengan jumlah pelarut yang banyak tetapi ekstraksinya hanya sekali. Pemisahan secara ekstraksi ada dua macam yaitu ekstraksi padat-cair dan ekstraksi cair-cair atau dikenal sebagai ekstraksi pelarut (Umar, 2008).

Metode ekstraksi yang digunakan untuk mengisolasi suatu senyawa dari bahan alam tergantung pada tekstur, kandungan senyawa, dan sifat senyawa yang diisolasi. Ekstraksi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu, sokletasi, maserasi, dan perkolasi. Pada penelitian ini ekstraksi dilakukan menggunakan alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) dengan teknologi HEP dan maserasi menggunakan pelarut aquades. Penggunaan alat NORMEX dan teknologi HEP

sangat menguntungkan karena pengaruh suhu dapat dihindari, suhu yang tinggi memungkinkan terdegradasinya senyawa-senyawa metabolit sekunder dan waktu ekstraksi yang singkat karena dalam hitungan detik sehingga dapat mempertahankan kualitas warna yang diinginkan (Djarwis, 2004). Pengukuran ekstrak pigmen antosianin menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2.7 Non-Thermal Hyper Electric Pulse (HEP)

Non-thermal Hyper Electric Pulse (HEP) merupakan proses pengolahan bahan pangan tanpa melibatkan proses *thermal* yang didasarkan pada aplikasi denyut pendek medan listrik pada tegangan keluaran (20-80 kV/cm) ke bahan pangan yang ditempatkan diantara dua elektroda. Denyut pendek medan listrik yang digunakan untuk proses ekstraksi sebesar 0,7-6,45 kV/cm (Toepfl, 2006). *Non-thermal* HEP terjadi pada suhu kamar atau di bawahnya berkisar antara satu mikrodetik sampai satu milidetik untuk memperkecil kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan. Pembangkit pulsa tegangan tinggi merupakan salah satu metode yang efektif untuk mendapatkan pewarna alami karena menggunakan proses *non-thermal* yang mengaplikasikan denyut pendek medan listrik dengan tegangan tinggi.

2.8 Maserasi

Maserasi merupakan metode ekstraksi paling sederhana. Proses maserasi adalah proses menggabungkan bahan yang telah dihaluskan dengan bahan ekstraksi. Metode ekstraksi maserasi memiliki kelebihan karena pengerjaan dan alat yang digunakan lebih sederhana. Proses pengekstrakan simplisia dilakukan dengan menggunakan suatu pelarut tertentu, dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruang (kamar) yaitu pada suhu 40°C-50°C (Simanjuntak, 2008). Namun, metode maserasi memiliki kekurangan salah satunya adalah membutuhkan waktu yang lama untuk mencari pelarut organik yang dapat melarutkan dengan baik senyawa yang akan diisolasi dan harus mempunyai titik didih yang tinggi pula sehingga tidak mudah menguap (Manjang, 2004).

BAB III

METODOLOGI

1.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. Katama Inovasi Anak Negeri Jalan Tirtomulyo no. 80 Malang, Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya mulai bulan Maret – Juli 2017.

1.2 Alat dan Bahan

1.2.1 Alat

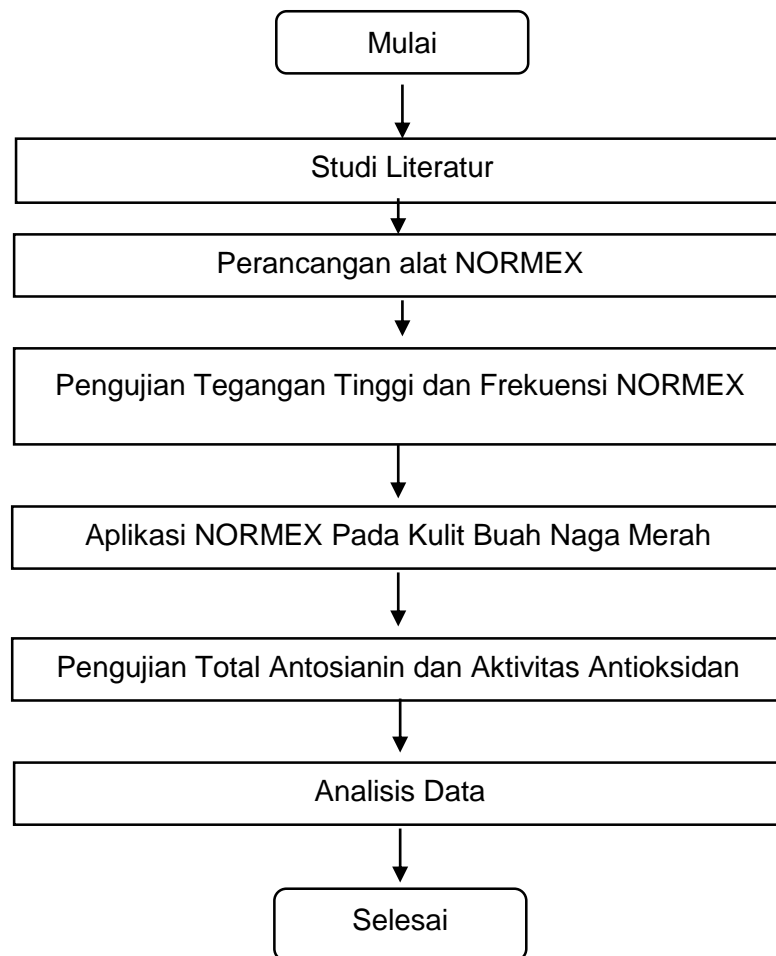
Penelitian ini menggunakan alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) yang digunakan dalam proses ekstraksi kulit buah naga merah menggunakan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP). Adapun alat lain yang digunakan meliputi *beaker glass*, labu ukur, pH meter, timbangan analitik (*Denver Instrumen M-310*), spatula, gelas ukur, pipet ukur 10 mL, pipet ukur 5 mL, pipet ukur 1 ml, pipet tetes, erlenmeyer 250 mL, spektrofotometri UV-Vis, spatula, vortex, kertas label, aluminium foil, kertas saring, corong plastik, tabung reaksi, dan kuvet.

1.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi kulit buah naga merah, potassium klorida, asam klorida 0,2 N, Na-asetat, aquades, dan DPPH (*difenil pikhrihidraszil*) 0,2 mM (*Sigma aldrich*).

1.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode pendekatan seperti terlihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan kegiatan penelitian

1.3.1 Studi Literatur

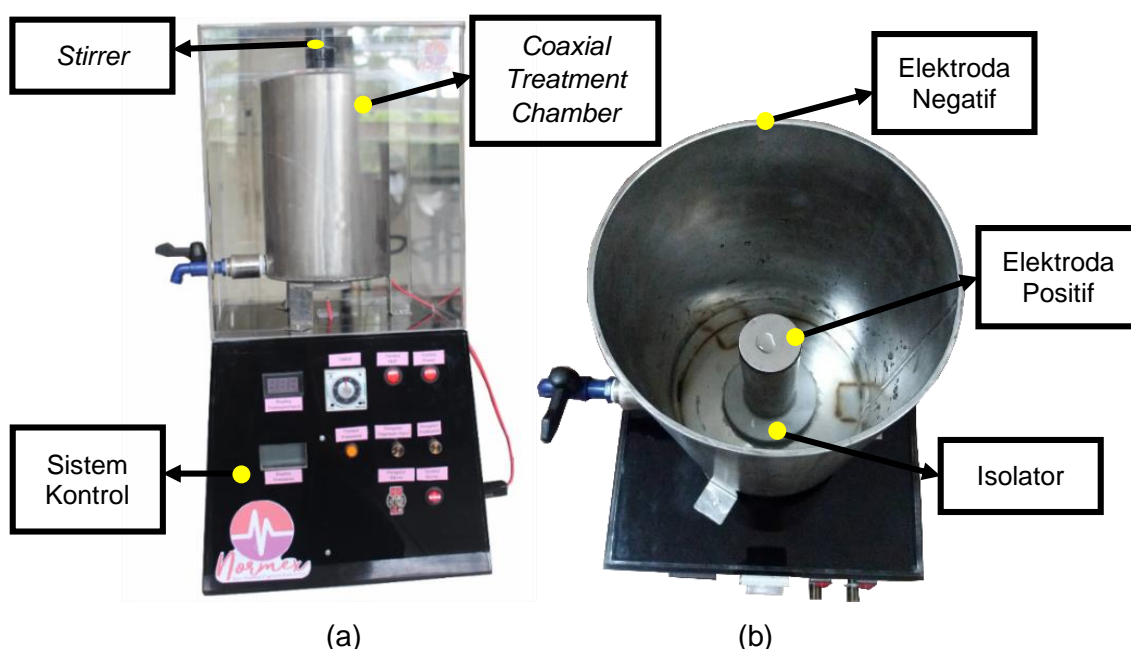
Tahap penulisan diawali dengan studi pustaka mengenai aplikasi teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP). Dalam penyusunan tugas akhir ini pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur (*library research*) dan penelusuran informasi digital dengan sasaran antara lain :

- a) Informasi internet
- b) Pustaka-pustaka referensi
- c) Pustaka penunjang

1.3.2 Perancangan Alat NORMEX

Penelitian ini menggunakan alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) yang akan diaplikasikan untuk ekstraksi kulit buah naga menggunakan teknologi HEP. NORMEX merupakan alat ekstraksi pigmen antosianin yang terdiri dari empat komponen utama yaitu *coaxial treatment chamber*, *stirrer*, sistem

NORMEX, dan sistem *control*. NORMEX terdiri dari *treatment chamber* yang terbuat dari *stainless steel* 316 dengan mengadopsi model koaksial. Dimana terdapat dua silinder yang berfungsi sebagai elektroda dan dipisahkan oleh isolator. Elektroda positif berada di tengah dengan diameter 4 cm dan elektroda negatif dengan diameter 20 cm, serta tinggi *treatment chamber* adalah 30 cm. Generator pulsa listrik dihasilkan dari rangkaian *high voltage transformator* dan rangkaian *driver* yang diletakkan di bawah *treatment chamber*. NORMEX belum pernah diaplikasikan untuk mengekstraksi pigmen antosianin khususnya pada kulit buah naga, hal ini perlu dilakukan sehingga dapat diketahui efektifitas kerja alat yang dapat dilihat dari total antosianin dan aktivitas antioksidan hasil ekstraksi kulit buah naga merah. Adapun kenampakan alat NORMEX dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

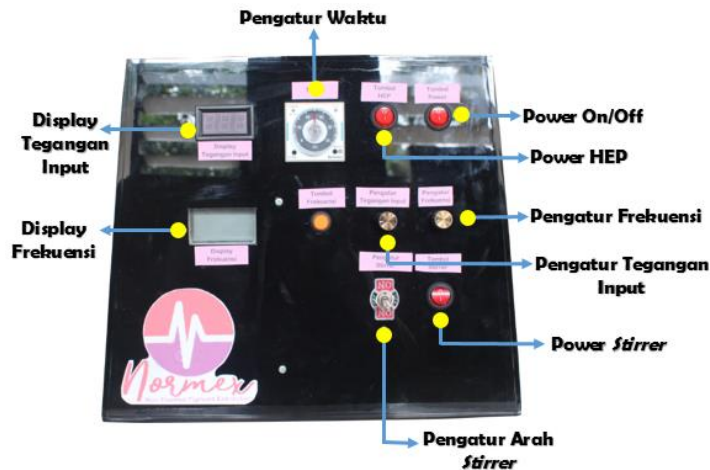


Gambar 3.2 Kenampakan NORMEX

(a) Tampilan keseluruhan NORMEX (b) Bagian – bagian *coaxial treatment chamber*

NORMEX memiliki kapasitas *coaxial treatment chamber* sebesar 9,083 L. Sistem *control* NORMEX (**Gambar 3.3**) terdiri dari tujuh tombol untuk menjalankan alat yaitu omron AT8N sebagai pengatur waktu, tombol power, tombol power HEP, pengatur tegangan *input*, pengatur frekuensi, tombol *stirrer* dan tombol penggerak *stirrer*, serta *display* tegangan *input* dan *display* frekuensi. Tombol pengatur tegangan *input* dapat mengatur tegangan sebesar 1,2 V sampai 20 V, tombol

pengatur frekuensi dapat mengatur besar frekuensi 0,5 kHz sampai 31 kHz. Omron AT8N mampu mengatur waktu ekstraksi selama 0,05 detik sampai 100 jam. Adapun spesifikasi alat NORMEX dapat dilihat pada **Lampiran 1**.



Gambar 3.3 Sistem *controlling* NORMEX

Sistem kerja alat NORMEX menggunakan piranti utama HEP kit yang terdiri dari *input* daya dan pulsa listrik dari *oscillator*. Dimana *input* daya HEP diperoleh dari sumber tegangan 220 V yang kemudian disearahkan dengan rangkaian penyearah arus, sedangkan *oscillator* akan berfungsi sebagai pembangkit gelombang berfrekuensi tinggi yang akan di kendalikan dengan rangkaian *driver*, sehingga frekuensi dengan tegangan tinggi dapat diatur dan dapat digabungkan dengan tegangan tinggi sehingga menjadi lecutan listrik yang berulang dengan kecepatan listrik dan dapat membuat medan listrik di sekitarnya yang disebut HEP. HEP tersebut akan di distribusikan menuju *treatment chamber* dan akan mengelektroforesis bahan.

1.3.3 Metode Ekstraksi Pigmen Antosianin

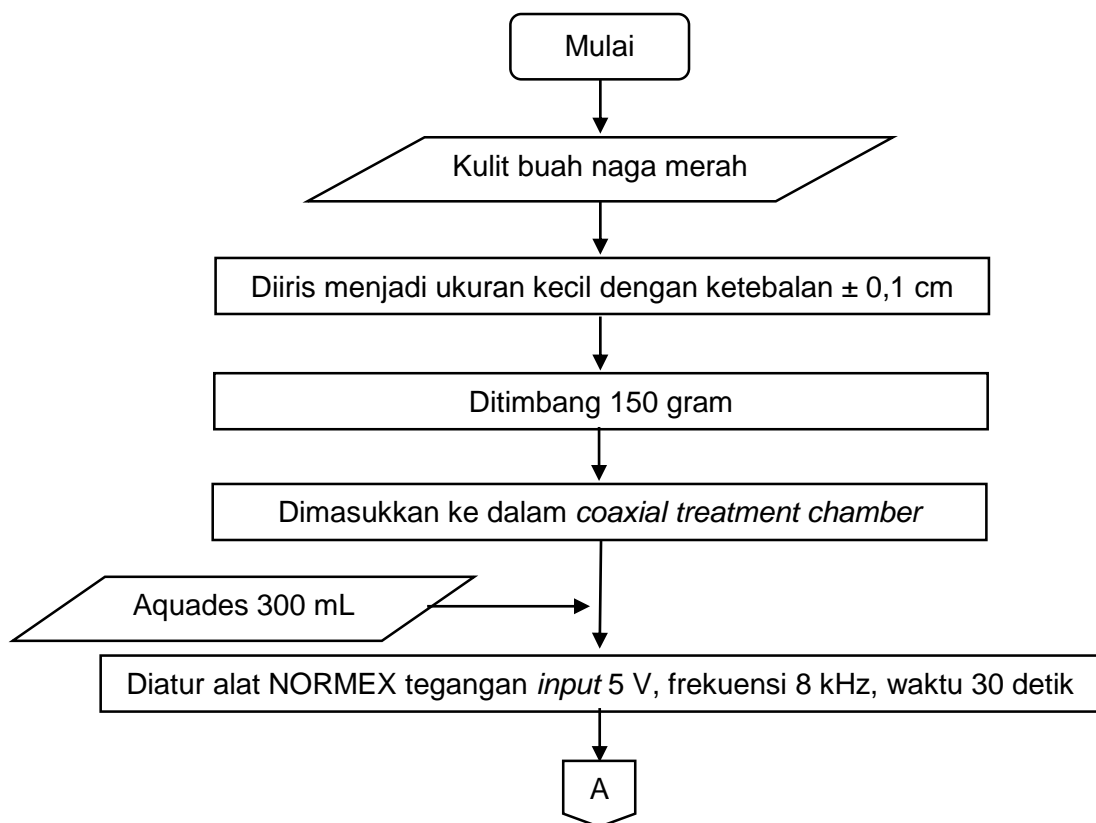
Pigmen antosianin kulit buah naga merah akan diekstraksi menggunakan alat NORMEX dengan teknologi HEP dan juga maserasi selama 30 detik dan 6 jam. Hal ini dilakukan untuk membandingkan hasil ekstraksi keduanya karena kedua metode tersebut sama-sama merupakan metode *non-thermal* (tanpa menggunakan proses pemanasan). Proses tersebut dipilih karena faktor kerusakan zat aktif lebih kecil.

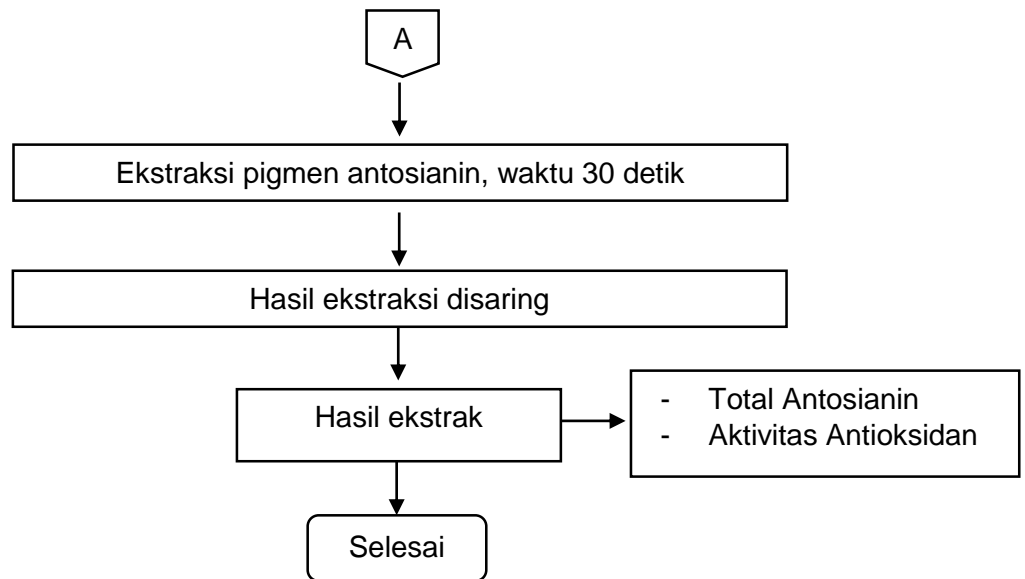
Sampel kulit buah naga diperoleh dari kulit buah naga yang dipisahkan dari daging buah dan dipisahkan dari kelopak buah yang berwarna hijau. Kemudian dilakukan pengecilan ukuran untuk memperbesar luas permukaan kulit buah naga sehingga akan mempermudah antosianin larut dalam pelarut. Pelarut yang

digunakan yaitu aquades yang merupakan pelarut polar sehingga cukup baik untuk melarutkan antosianin dan tidak berbahaya untuk diaplikasikan langsung ke bahan pangan. Selain itu, digunakan perbandingan 1 : 2 untuk bahan : pelarut karena jumlah volume yang terlalu besar menyebabkan turbulensi yang terjadi semakin kecil sehingga mengurangi antosianin yang terekstrak (Yuniwati, 2012).

A. Ekstraksi Menggunakan Alat NORMEX

Sebanyak 150 gram sampel kulit buah naga merah yang telah diiris dengan tebal $\pm 0,1$ cm dimasukkan ke dalam *coaxial treatment chamber* dan diekstraksi menggunakan alat NORMEX dengan teknologi HEP menggunakan pelarut aquades 300 mL dengan perbandingan volume 1 : 2 (bahan : pelarut). Alat NORMEX diatur dengan tegangan input 5 Volt yang nantinya akan di ubah menjadi tegangan keluaran sebesar 28,06 kV atau 4,68 kV/cm, frekuensi yang digunakan yaitu 8 kHz dalam waktu 30 detik. Setelah 30 detik proses ekstraksi, hasil ekstraksi dikeluarkan melalui keran *output*, dan hasil ekstraksi disaring. Pada pengujian ini NORMEX menggunakan daya 84,18 kWatt dengan energi per pulsanya yaitu 6,566 Joule. Energi masukan spesifik yang di butuhkan untuk memproses bahan dengan volume sebesar 450 gram atau setara 0,45 L yaitu 3502 kJ/L. Secara umum diagram alir metode ekstraksi menggunakan NORMEX dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

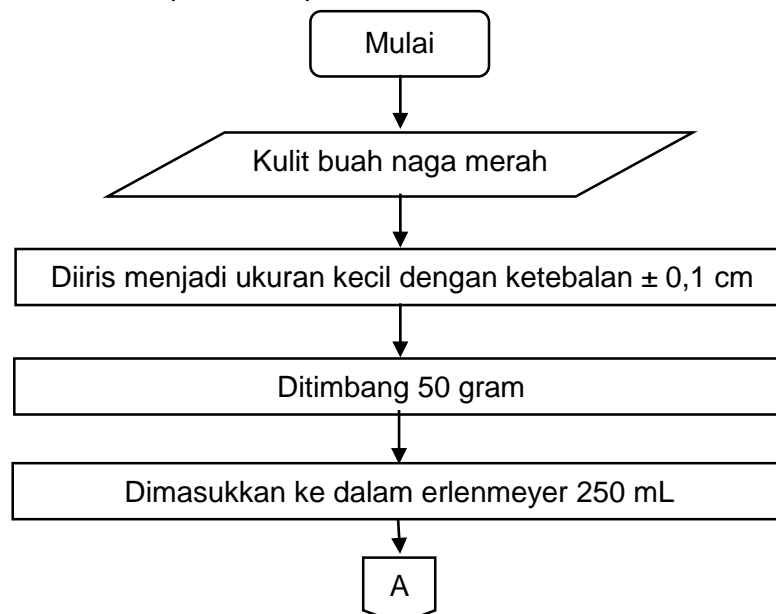


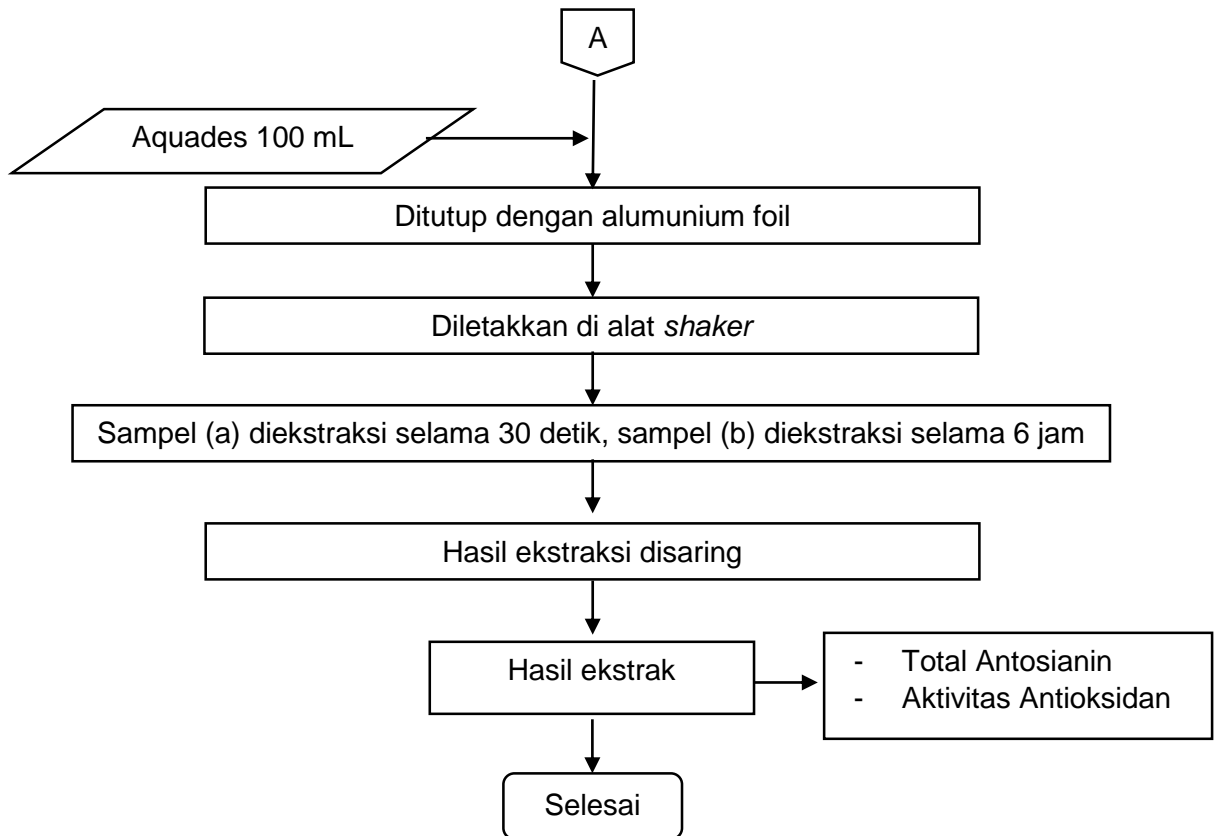


Gambar 3.4 Diagram alir proses ekstraksi menggunakan alat NORMEX

B. Ekstraksi Menggunakan Metode Maserasi

Sebanyak 50 gram sampel kulit buah naga merah yang telah diiris dengan tebal $\pm 0,1$ cm dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan pelarut aquades sebanyak 100 mL dengan perbandingan volume 1 : 2 (bahan : pelarut), kemudian ditutup dengan alumunium foil. Selanjutnya erlenmeyer diletakkan di alat *shaker* dan ditunggu sesuai waktu yang telah ditentukan. Untuk sampel maserasi (a) menggunakan waktu 30 detik dan sampel maserasi (b) menggunakan waktu 6 jam. Setelah proses ekstraksi selesai, hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring. Secara umum diagram alir metode ekstraksi menggunakan maserasi dapat dilihat pada **Gambar 3.5**





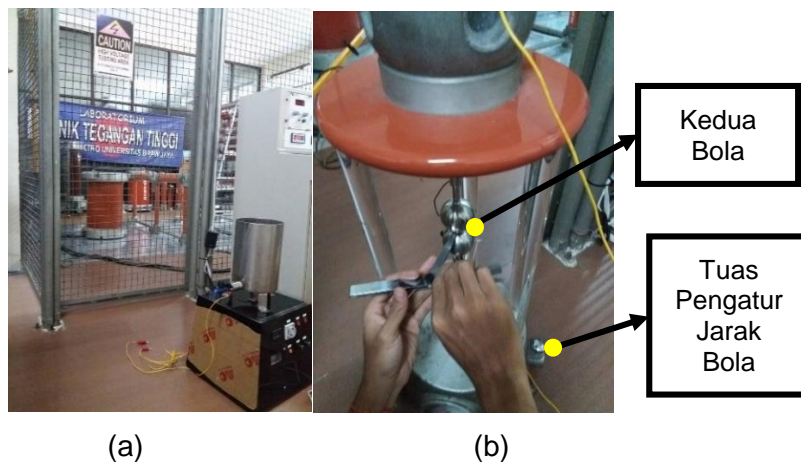
Gambar 3.5 Diagram alir ekstraksi menggunakan metode maserasi

1.4 Prosedur Analisa

1.4.1 Uji Tegangan Keluaran Menggunakan Sela Bola *Schwaiger* (Modifikasi Putranto, 2014)

- Siapkan alat uji yaitu sela bola *Schwaiger*.
- Hubungkan kutub positif dan negatif sela bola *Schwaiger* ke katoda dan anoda alat NORMEX saat alat dalam keadaan mati.
- Atur jarak sela bola *Schwaiger* dengan mengatur tuas jarak bola.
- Atur tegangan *input* dan frekuensi alat NORMEX.
- Hidupkan alat NORMEX.
- Selama alat NORMEX dihidupkan, putar tuas pengatur jarak bola untuk mendekatkan kedua bola sampai terjadi loncatan listrik antara kedua bola.
- Apabila loncatan listrik minimum sudah terjadi diantara kedua bola, maka alat NORMEX dimatikan. Jika aliran listrik yang mengalir terlalu besar, maka dilakukan perbesaran jarak sela bola sampai terjadi aliran listrik minimal, kemudian alat dimatikan.

- Sela bola *Schwaiger* yang sudah diatur jarak bolanya (uji tegangan tembus dengan alat NORMEX) kemudian dilanjutkan ke alat *Modulus High Voltage* (MHV) untuk dikalibrasi serta untuk menentukan tegangan *output*.
- Pasang kutub positif dan negatif sela bola *Schwaiger* ke MHV.
- Setelah sela bola *Schwaiger* terhubung ke MHV, kemudian MHV dinyalakan untuk dapat mengalirkan tegangan listrik ke sela bola *Schwaiger*.
- Tegangan listrik terus diberikan dari MHV ke sela bola *Schwaiger* sampai terjadi tegangan tembus (terjadi loncatan elektron) diantara kedua bola.
- Ketika listrik sudah tembus pada sela bola, maka hasilnya dapat langsung dilihat pada *display* tegangan tinggi yang ada pada MHV.



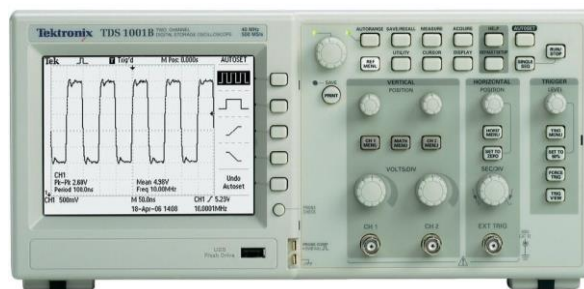
Gambar 3.6 Pengujian tegangan keluaran

(a) Alat NORMEX yang akan diuji (b) Sela bola *Schwaiger*

1.4.2 Uji Frekuensi Menggunakan Osciloskop Tektronix TDS 1012 B (Putranto, 2014)

- Hubungkan osiloskop ke sumber tegangan AC.
- Hubungkan probe pada kutub positif dan negatif pada osiloskop.
- Hubungkan probe tersebut pada soket kutub positif dan negatif yang ada di *box* pembangkit tegangan tinggi alat NORMEX.
- Nyalakan tombol power alat NORMEX.
- Nyalakan tombol power osiloskop.
- Pilih tombol *autoset* sebagai pilihan cepat osiloskop untuk mendeteksi bentuk gelombang baik dari tegangan AC maupun DC.
- *Display* osiloskop akan memunculkan bentuk gelombang dari NORMEX yang diuji.

- Pilih tombol *cursor* pada pilihan tombol disamping *display* agar *display* memunculkan waktu dari bentuk gelombang yang meliputi periode gelombang, frekuensi, dan tegangan.
- Atur tombol pengatur nilai tegangan dan nilai waktu, yang menunjukkan besarnya nilai tegangan untuk setiap kotak. Besarnya nilai tegangan ditampilkan pada sumbu Y, dan besar nilai waktu pada sumbu X.
- Atur tombol pembatas untuk membatasi pada 1 periode gelombang.
- Lakukan pembacaan nilai periode gelombang, frekuensi, dan tegangan yang dihasilkan oleh gelombang.
- Nilai tegangan yang berada pada osiloskop merupakan tegangan yang sudah dikecilkan melalui probe (diperkecil 1000 kali) dan melalui osiloskop itu sendiri (diperkecil 10 kali). Sehingga untuk mengetahui nilai tegangan sebenarnya, dengan mengalikan tegangan yang ditampilkan pada display dengan 10000.



Gambar 3.7 Osciloskop Tektronix TDS 1012 B

1.4.3 Penentuan Total Antosianin dengan Metode Perbedaan pH (Putri, 2015)

a. Pembuatan larutan pH 1

Sekitar 1,490 gram KCl dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas. Kemudian dicampurkan larutan KCl dengan HCl pekat hingga pH mencapai $1 \pm 0,1$.

b. Pembuatan larutan pH 4,5

Sekitar 1,640 gram potassium asetat dilarutkan dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas. Kemudian ditambahkan larutan HCl 0,2 N hingga pH mencapai $4,5 \pm 0,1$.

Faktor pengenceran yang tepat untuk sampel harus ditentukan terlebih dahulu dengan cara melarutkan sampel dengan buffer KCl pH 1 hingga diperoleh absorbansi kurang dari 1,2 pada panjang gelombang 510 nm. Selanjutnya diukur absorbansi akuades pada panjang gelombang yang akan digunakan (510 dan 700

nm) untuk mencari titik nol. Panjang gelombang 510 nm adalah panjang gelombang maksimum untuk *sianidin-3-glukosida* sedangkan panjang gelombang 700 nm untuk mengoreksi endapan yang masih terdapat pada sampel. Jika sampel benar-benar jernih maka absorbansi pada 700 nm adalah 0. Dua larutan dengan sampel disiapkan, pada sampel pertama digunakan buffer KCl dengan pH 1 dan untuk sampel kedua digunakan buffer Na-asetat dengan pH 4,5. Masing-masing sampel dilarutkan dengan larutan buffer berdasarkan DF (*dilution factor*) yang sudah ditentukan sebelumnya. Sampel yang dilarutkan menggunakan buffer pH 1 dibiarkan selama 15 menit sebelum diukur, sedangkan untuk sampel yang dilarutkan dengan buffer pH 4,5 siap diukur setelah dibiarkan bercampur selama 5 menit. Absorbansi dari setiap larutan pada panjang gelombang 510 dan 700 nm diukur dengan buffer pH 1 dan buffer 4,5 sebagai blankonya. Absorbansi dari sampel yang telah dilarutkan (A) ditentukan dengan persamaan 3.1 dan 3.2.

$$A = (A_{530} - A_{700}) \text{ pH } 1,0 - (A_{530} - A_{700}) \text{ pH } 4,5 \quad (3.1)$$

$$\text{Total Antosianin (mg/100 g)} = \frac{A \times BM \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (3.2)$$

Keterangan :

ϵ = absorptivitas molar *sianidin-3-glukosida* (26900 L/mol.cm)

l = lebar kuvet (1 cm)

BM = berat molekul *sianidin-3-glukosida* (26.900 L/mol.cm)

DF = faktor pengenceran

1.4.4 Analisis Aktivitas Antioksidan (Jiao et al., 2012)

Pada penelitian ini analisis aktivitas antioksidan diuji dengan metode DPPH. Sebanyak 2 mL ekstrak antosianin dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 1 mL DPPH 0,2 mM, kemudian tabung ditutup dengan aluminium foil dan divortex. Larutan didiamkan di dalam ruang gelap selama 30 menit. Larutan segera diukur penyerapan sinarnya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Sebagai kontrol digunakan larutan DPPH tanpa sampel. Aktivitas penangkapan terhadap radikal DPPH dinyatakan sebagai % aktivitas antioksidan. Presentase aktivitas antioksidan ditentukan dengan persamaan 3.3.

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\%)} = \frac{A_o - A_s}{A_o} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

A_o = absorbansi tanpa penambahan sampel/standar

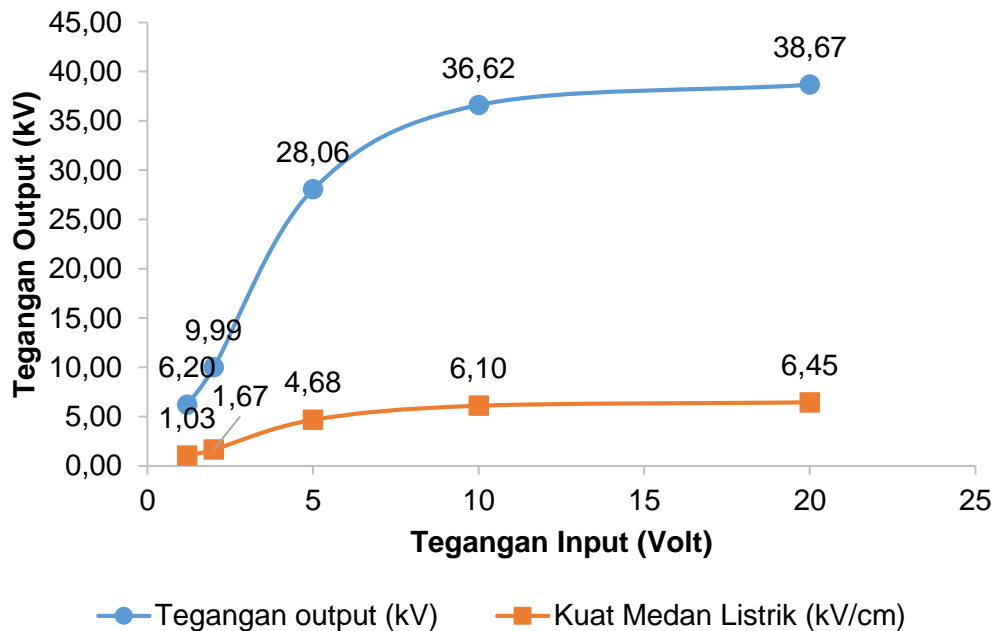
A_s = absorbansi tanpa penambahan sampel/standar

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Tegangan Keluaran Alat NORMEX

Pengujian tegangan keluaran dilakukan untuk mengetahui besar tegangan keluaran yang dihasilkan, karena pada NORMEX *display* tegangan input memiliki keterbatasan pembacaan tegangan yaitu berkisar antara 1,2 V hingga 20 V saja sehingga diperlukan pengujian tegangan keluaran menggunakan metode sela bola *Schwaiger* dengan jarak 2 elektroda berbasis isolator udara lepas dan mesin pengukur tegangan keluaran. Pengukuran tegangan keluaran dilakukan dengan tegangan input yang berbeda sehingga didapatkan hasil seperti pada **Gambar 4.1**.



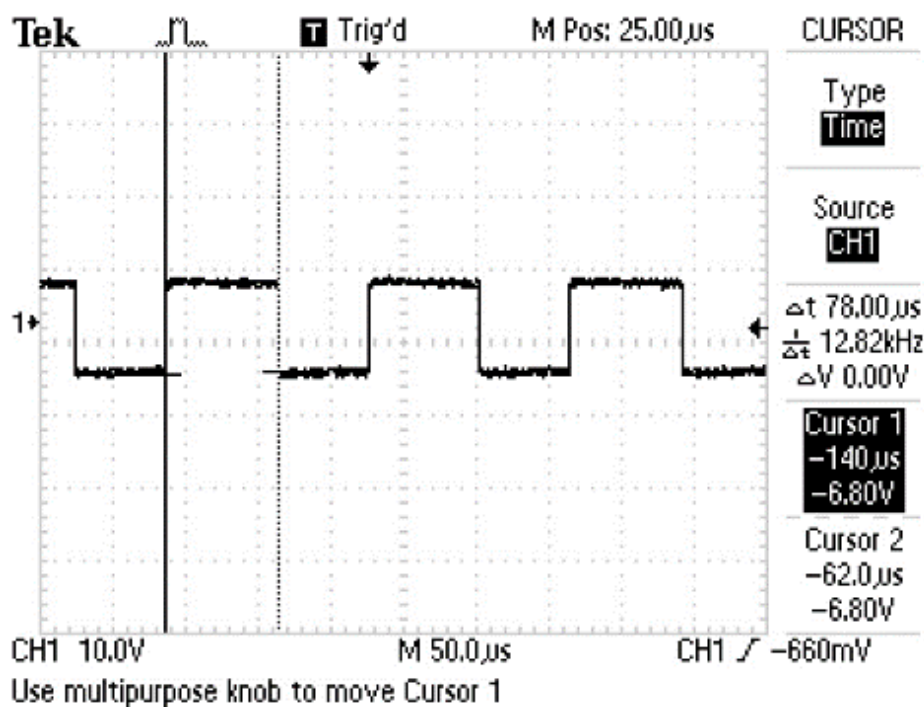
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian tegangan tinggi

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan tegangan keluaran (*output*) seiring dengan kenaikan tegangan masukan (*input*). Pada tegangan *input* 5 V dihasilkan tegangan *output* sebesar 28,06 kV dengan kuat medan listrik 4,68 kV/cm dan terus mengalami kenaikan hingga tegangan *output* 38,67 kV dengan kuat medan listrik 6,45 kV/cm pada tegangan *input* 20 V. Sehingga, semakin besar tegangan *input* yang diberikan maka semakin besar pula tegangan *output* yang dihasilkan (Vega-Mercado *et al.*, 2007; Putri dkk, 2010). Kuat medan listrik merupakan vektor gaya *coulomb* yang bekerja pada satu satuan muatan yang

diletakkan pada suatu titik dalam medan listrik (Nurohman, 2010). Menurut Bobinaitė *et al* (2015) kuat medan listrik yang ideal digunakan untuk ekstraksi seyawah bioaktif pada tanaman sebesar 5 kV/cm, sehingga ditentukan kuat medan listrik yang digunakan pada penelitian ini sebesar 4,68 kV/cm.

4.2 Pengujian Frekuensi Alat NORMEX

Hasil pengujian frekuensi menggunakan *oscilloscope* menunjukkan bahwa arus yang dihasilkan oleh NORMEX adalah arus DC dengan gelombang pulsa yang dihasilkan berupa gelombang kotak dengan lebar pulsa sebesar 78 μ s seperti terlihat pada **Gambar 4.2**. Bentuk gelombang pulsa kotak dan nilai lebar pulsa 78 μ s tersebut sudah sesuai untuk proses elektroforesis sel bahan yang kaya akan pigmen antosianin. Sehingga pigmen antosianin akan lebih mudah dan cepat larut ke dalam pelarut akibat perlakuan *Hyper Electric Pulse* (HEP) (Toepfl, 2006; Kulbacka *et al.*, 2016).

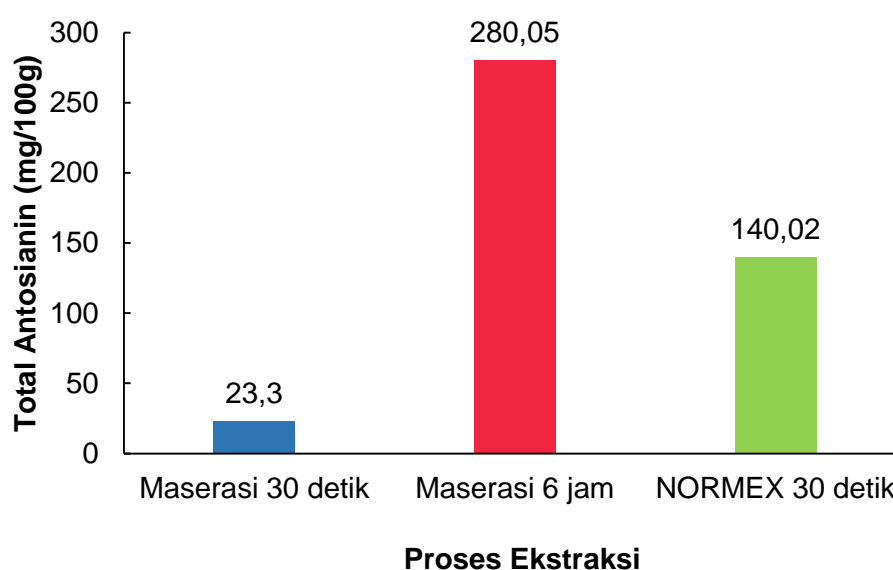


Gambar 4.2 Hasil pengujian frekuensi alat NORMEX

4.3 Total Antosianin Kulit Buah Naga Merah

Antosianin adalah pewarna alami yang berasal dari familia flavonoid yang larut dalam air yang menimbulkan warna merah, biru, ungu/violet dan tersebar

sangat luas pada tanaman. Antosianin terdapat pada semua jaringan tumbuhan tingkat tinggi, termasuk daun, cabang/batang, akar, dan buah. Penentuan total antosianin pada hasil ekstraksi kulit buah naga merah menggunakan metode maserasi dan alat NORMEX dilakukan dengan metode perbedaan pH menurut Putri (2015). Pada penentuan kadar antosianin, faktor pengenceran sampel harus ditentukan terlebih dahulu dengan melarutkan sampel pada larutan buffer KCl pH 1,0 sehingga diperoleh absorbansi kurang dari 1,2 pada panjang gelombang 510 nm. Faktor pengenceran yang telah ditentukan adalah 70 kali pengenceran. Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian total antosianin yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Total antosianin ekstrak kulit buah naga merah

Selain itu, perbandingan efisiensi total antosianin hasil ekstraksi alat NORMEX dengan maserasi 30 detik dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Perbandingan efisiensi total antosianin ekstrak buah naga merah pada lama waktu ekstraksi 30 detik

Bahan Ekstraksi	Total Antosianin		Efisiensi NORMEX
	NORMEX	Maserasi	
Kulit buah naga merah	140,02 mg/100g	23,3 mg/100g	83,34%

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh total antosianin pada maserasi selama 30 detik sebesar 23,3 mg/100g, maserasi 6 jam sebesar 280,05 mg/100g, dan NORMEX selama 30 detik sebesar 140,02 mg/100g. Sehingga dari grafik

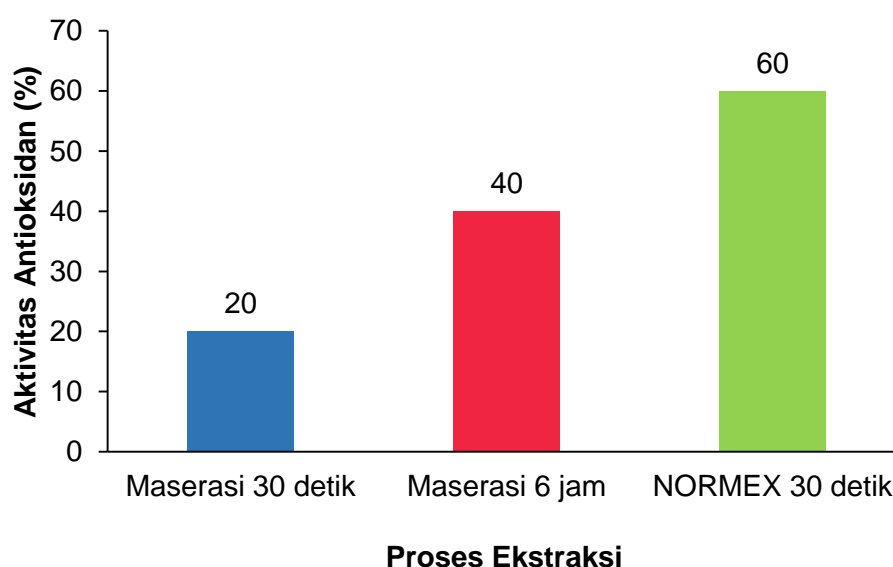
dapat dilihat bahwa total antosianin pada hasil ekstraksi dengan maserasi selama 6 jam adalah yang tertinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya dalam proses preparasi sampel, serta habitat dari sampel buah naga merah yang digunakan. Selain itu juga dapat diakibatkan dari kestabilan antosianin menurut Niendyah (2004) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, perubahan pH, sinar dan oksigen, serta ion logam. Selain itu, terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi ekstraksi pigmen antosianin yaitu proses analisis pada sampel tidak langsung dilakukan saat ekstrak telah siap, sehingga kondisi dan masa penyimpanan sampel menyebabkan senyawa antosianin mengalami degradasi. Kemudian pelarut yang digunakan, dimana aquades merupakan larutan netral yang dapat melarutkan pigmen antosianin ditambah lagi jika terdapat penambahan larutan asam yang mampu menurunkan pH larutan. Keadaan yang semakin asam apalagi mendekati pH 1 akan menyebabkan semakin banyaknya pigmen antosianin berada dalam bentuk kation flavilium atau oksonium yang berwarna dan pengukuran absorbansi akan menunjukkan jumlah antosianin yang semakin besar. Disamping itu keadaan yang semakin asam menyebabkan semakin banyak dinding sel vakuola yang pecah sehingga pigmen antosianin semakin banyak yang terekstrak (Moulana, 2012). Sifat pigmen antosianin umumnya bersifat asam dan lebih stabil dalam kondisi asam. Lama ekstraksi juga berpengaruh terhadap nilai pH pigmen antosianin. Karena semakin lama ekstraksi maka nilai pH semakin kecil. Penurunan pH terjadi akibat bertambahnya antosianin yang terdegradasi.

Namun, setelah dilakukan perbandingan efisiensi total antosianin antara hasil ekstraksi menggunakan alat NORMEX dengan maserasi berdasarkan waktu ekstraksi 30 detik, penggunaan alat NORMEX memiliki efisiensi ekstraksi sebesar 83,34% lebih tinggi dibandingkan metode maserasi pada total antosianin hasil ekstraksi kulit buah naga merah. Ekstraksi menggunakan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) akan membuat pori membran sel tanaman terbuka dan bersifat *irreversible*, sehingga pigmen antosianin mudah keluar dan larut dalam pelarut serta akan meningkatkan volume hasil ekstraksi. Hal ini terjadi karena proses elektroforesis mempengaruhi sel dan pelepasan senyawa antosianin (Putranto *et al.*, 2014). Selain itu, waktu ekstraksi dengan bantuan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) lebih singkat dibandingkan dengan ekstraksi tanpa teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) untuk menghasilkan jumlah rendemen produk yang sama (Toepfl, 2006). Sedangkan ekstraksi dengan maserasi membutuhkan waktu yang

lebih lama karena menggunakan prinsip kesetimbangan konsentrasi antara pelarut dan senyawa yang berada di dalam sel. Sehingga untuk mendapat ekstrak antosianin secara maksimal membutuhkan waktu yang lebih lama (Sholihah, 2016).

4.4 Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Naga Merah

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan mereaksikan sampel menggunakan radikal bebas DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) dan dibiarkan pada suhu ruang selama 30 menit yang bertujuan untuk mencapai reaksi sempurna. Setelah 30 menit dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil tersebut digunakan untuk penentuan nilai persen inhibisi atau persen perendaman senyawa antioksidan (sampel) terhadap DPPH. Hasil uji aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah naga menggunakan alat NORMEX serta metode maserasi selama 30 detik dan 6 jam dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Persen penghambatan DPPH oleh ekstrak antosianin buah naga merah

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh aktivitas antioksidan pada maserasi selama 30 detik sebesar 20%, maserasi 6 jam sebesar 40%, dan alat NORMEX selama 30 detik sebesar 60%. Sehingga dari grafik dapat dilihat bahwa aktivitas antioksidan pada hasil ekstraksi menggunakan alat NORMEX selama 30 detik adalah yang tertinggi dan maserasi selama 30 detik adalah yang terendah. Aktivitas antioksidan yang rendah pada maserasi selama 30 detik dapat

diakibatkan oleh metode ekstraksi dan lama waktu yang digunakan dimana waktu ekstraksi yang singkat belum dapat mengekstrak pigmen antosianin secara maksimal dan kualitas yang dihasilkan tidak cukup baik sehingga aktivitas antioksidan dalam menangkap radikal bebas DPPH akan semakin berkurang (Diem Do *et al.*, 2014; Diantika dkk, 2014). Selain itu metode ekstraksi yang digunakan juga memengaruhi aktivitas antioksidan yang dihasilkan, dimana ekstraksi pigmen antosianin menggunakan alat NORMEX hanya dalam waktu 30 detik, namun dapat mempertahankan aktivitas antioksidan. Sedangkan dengan menggunakan metode maserasi membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan ekstrak antosianin yang maksimal.

Menurut hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Helda (2016) dimana kulit buah naga merah yang diekstraksi menggunakan metode maserasi selama 3 x 24 jam dengan pelarut etanol menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar 20,867%. Selain itu menurut penelitian Thirugnanasambandham *et al* (2015) dimana kulit buah naga merah yang diekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) selama 8 menit dengan pelarut aquades menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar 45%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa NORMEX efektif dalam mengekstraksi pigmen pada kulit buah naga sehingga menghasilkan aktivitas antioksidan lebih tinggi yaitu sebesar 60%. Sebelumnya juga pernah dilakukan ekstraksi pigmen menggunakan tegangan tinggi yaitu menggunakan sampel anggur *aglianico* yang diekstraksi menggunakan *Pulsed Electric Field* (PEF) dengan perlakuan tegangan listrik berkisar antara 1,5 kV/cm sampai 3 kV/cm dengan energi spesifik 10 kJ/kg sampai 20 kJ/kg, hasil ekstrak tersebut menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar 40% (Donsi *et al.*, 2011).

Sandrasari (2008) menyatakan bahwa suatu senyawa yang mempunyai aktivitas antioksidan sangat kuat jika menghambat perkembangan radikal bebas lebih dari 80%, pada kategori sedang jika menghambat sebesar 50-80%, dan lemah jika memiliki penghambatan kurang dari 50%. Maka aktivitas antioksidan pigmen antosianin kulit buah naga merah hasil ekstraksi alat NORMEX termasuk dalam kategori sedang. Selain itu, bahan yang mengandung antioksidan dalam kategori sedang dapat diaplikasikan pada banyak makanan kesehatan baik berupa pil, kapsul, serta suplemen, dimana makanan kesehatan mempunyai pangsa pasar yang besar bahkan telah menjadi gaya hidup.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Alat NORMEX menghasilkan tegangan keluaran sebesar 6,2 – 38,67 kV dengan kuat medan listrik yaitu sebesar 1,03 – 6,45 kV/cm serta lebar pulsa sebesar 78 μ s.
2. Total antosianin yang terkandung dalam ekstrak kulit buah naga merah menggunakan alat NORMEX sebesar 140,02 mg/100g sehingga penggunaan NORMEX 83,34% lebih efisien dibandingkan ekstraksi dengan metode maserasi selama 30 detik dan 6 jam.
3. Aktivitas antioksidan ekstrak pigmen antosianin kulit buah naga merah menggunakan alat NORMEX sebesar 60%, sehingga lebih tinggi dibandingkan menggunakan metode maserasi selama 30 detik dan 6 jam yang hanya sebesar 20% dan 40%. Aktivitas antioksidan sebesar 60% merupakan antioksidan kategori sedang.

5.2 Saran

Perlu dilakukan percobaan ekstraksi pigmen antosianin dan juga pigmen lainnya yang ada pada tanaman lain menggunakan alat NORMEX sehingga dapat diaplikasikan lebih luas. Selain itu, perlu adanya penelitian lanjutan mengenai proses ekstraksi pigmen menggunakan perlakuan tegangan, frekuensi, dan waktu ekstraksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, R., Yovita, L., dan Maimunah. 2008. Penentuan Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolik Total dan Likopen Pada Buah Tomat (*Solanum lycopersium* L.). *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*. 13(1): 47-54
- Andoko, A dan Nurrasyid, H. 2012. *Lima (5) Jurusan Sukses Hasilkan Buah Naga Kualitas*. Prima. Bandung
- Astawan, M dan Kasih, A. L. 2008. *Khasiat Warna-Warni Makanan*. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta
- Azmir, J., Zaidul I. S., Rahman M. M., Sharif K. M., Mohamed A., Sahena F., Jahurul M. H., Ghafoor K., Norulaini N. A., and Omar A. K. 2013. Techniques for Extraction of Bioactive Compounds From Plant Materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 117 (1): 426-436
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). 2012. *Bahan Tambahan pada Pangan dan Bahayanya (Formalin, Boraks, dan Pewarna buatan)*. <http://portal.bangkabaratkab.go.id/content/bahan-tambahan-pada-pangandan-bahayanya-formalin-boraks-dan-pewarna-buatan>. 05 Agustus 2017
- Bobinaitė, R., Pataro G., Lamanauskas N., Satkauskas S., Viskelis P., and Ferrari G. 2015. Application of Pulsed Electric Field in the Production of Juice and Extraction of Bioactive Compounds from Blueberry Fruits and Their By-Products. *Journal Food Science and Technology*. 52(9): 5898-5905
- Cabrita, L. 2009. Analysis and Stability of Anthocyanins. *Dissertation*. University of Bergen, Department of Chemistry. Bergen
- Cahyono, B. 2009. *Sukses Bertanam Buah Naga*. Pustaka Mina. Jakarta
- Departemen Kesehatan RI. 2012. *Bahaya Pewarna Sintetis Pada Makanan*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta
- Diantika, F., Sutan S. M., dan Yulianingsih R. 2014. Pengaruh Lama Ekstraksi dan Konsentrasi Pelarut Etanol Terhadap Ekstraksi Antioksidan Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Kimia*. 15 (3): 159-164

- Diem Do, Q., Angkawijaya A. E., Tran-Nguyen P. L., Huynh L. H., Soetaredjo F. E., Ismadji S., and Ju Y. 2014. Effect of Extraction Solvent on Total Phenol Content, Total Flavonoid Content, and Antioxidant Activity of *Limnophila aromatica*. *Journal Science of Technology*. 22 (3): 296-302
- Djarwis, D. 2004. *Teknik Penelitian Kimia Organik Bahan Alam, Workshop Peningkatan Sumber Daya Manusia Penelitian dan Pengelolaan Sumber Daya Hutan yang Berkelanjutan*. Pelaksana Kelompok Kimia Organik Bahan Alam Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas Padang kerjasama dengan Proyek Peningkatan Sumber Daya Manusia DITJEN DIKTI DEPDIKNAS. Jakarta
- Dosni, F., Giovanna F., Marina F., and Gianpiero P. 2011. Pulsed Electric Fields – Assisted Vinification. *Procedia Food Science*. 1 : 780-785
- Farida, R., dan Fitri C. N. 2015. Ekstraksi Antosianin Limbah Kulit Manggis Metode Microwave Assisted Extraction (Lama Ekstraksi dan Rasio Bahan : Pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3 (2): 362-373
- Gómez-Plaza, E., Miñano A, and López-Roca J. M. 2006. Comparison of Chromatic Properties, Stability and Antioxidant Capacity of Anthocyanin-Based Aqueous Extracts from Grape Pomace Obtained from Different Vinification Methods. *Food Chemistry*. 97: 87-94
- Hanum, T. 2000. Ekstraksi dan Stabilitas Zat Pewarna Alam dari Katul Beras Ketan Hitam (*Oryza sativa glutinosa*). Buletin Teknologi Dan Industri Pangan. Vol. XI, No.1. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Helda, R. N. 2016. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Merah Daerah Pelaihari, Kalimantan Selatan dengan Metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). *Jurnal Pharmascience*. 3 (2): 2355-5386
- Helma, Y. 2012. Validasi Metode Analisis Pb dengan Menggunakan Flame Spektrofotometer Serapan Atom untuk Study Toksikimia dan Toksisitas Logam Pada Tanaman Cabai (*Capsicum sp*). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Hendayana, S., Kadarohmah, A., Sumarna, A. A., dan Supriatna, A. 2004. *Kimia Analitik Instrumen*. Edisi Kesatu. IKIP Semarang Press. Semarang

- Hery, W. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius. Yogyakarta
- Jackman, R. L, and Smith J. L. 2006. Anthocyanins and Betalains. In: Hendry, G. A. F, Hoghton J. D (eds). *Natural Food Colorant*. Blackie Academic and Professional. London
- Jiao, Y, Jiang Y., Zhai W, Yang Z. 2012. Studies on Antioxidant Capacity of Anthocyanin Extract From Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas L.*). *Journal Biotechnology*. 11: 7046-7054.
- Kidmose, U, Edelenbos M, Nørbæk R, Christensen L. P. 2002. Colour Stability in Vegetables. In: MacDougall, D. B (ed). *Colour in Food*. CRC Press. Boca Raton
- Kulbacka, J., Pucek A., Wilk K. A., Dubińska-Magiera M., Rossowska J., Kulbacki M., and Kotulska M. 2016. The Effect of Millisecond Pulsed Electric Fields (msPEF) on Intracellular Drug Transport with Negatively Charged Large Nanocarriers Made of Solid Lipid Nanoparticles (SLN): In Vitro Study. 249 (5): 645-661
- Leong L. P and Shui, G. 2002. An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruit in Singapore Markets. *Food Chemistry*. 76 : 69-75
- MacDougall, D. B. 2002. *Colour in Food: Improving Quality*. CRC Press. Boca Raton
- Manasika, A., dan Simon B. W. 2015. Ekstraksi Pigmen Karotenoid Labu Kabocha Menggunakan Metode Ultrasonik (Kajian Rasio Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3 (3): 928-938
- Manjang, Y. 2004. *Penelitian Kimia Organik Bahan Alam*. Universitas Andalas. Sumatera Barat
- Maskooki, A., and Mohammad N. E. 2012. Impact of Pulsed Electric Field on Cell Disintegration and Mass Transfer in Sugar Beet. *Journal of Food and Bioproducts Processing*. 90 (3): 377-384
- Mateus, N, de Freitas V. 2009. Anthocyanins as Food Colorants. In: Gould, K, Davies K, Winefield C (eds). *Anthocyanins. Biosynthesis, Functions, and Applications*. Springer. New York

- Molyneux, P. 2004. The Use of The Stable Free Radikal Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimeting Antioxidant Activity. *Journal Science of Technology*. 26(2): 211-219
- Moss, B. W. 2002. *The Chemistry of Food Colour*. In: D.B. MacDougall (ed). *Colour in Food: Improving Quality*. CRC Press. Washington
- Moulana, R. 2012. Efektivitas Penggunaan Jenis Pelarut dan Asam dalam Proses Ekstraksi Pigmen Antosianin Kelopak Bunga Rosella. *Jurnal Forum Teknik*. 4(3): 37-43
- Muchtadi, T. R. 2011. *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*. PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor
- Niendyah, H. 2004. Efektivitas Jenis Pelarut dan Bentuk Pigmen Antosianin Bunga Kana (*Canna coccinea mill.*) serta Aplikasinya pada Produk Pangan. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang
- Nurhoman, S. 2010. *Medan Listrik*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Patras, A., Nigel P. B., Colm O. D., and B. K. Tiwari. 2010. Effect of Thermal Processing on Anthocyanin Stability in Foods; Mechanisms and Kinetics of Degradation. *Trends in Food Science & Technology*. 21 (1): 3-11
- Pietta, P. G. 2009. Falvonoid as Antioxidants. *Review, Journal Natural Product*. 63: 1035-1042
- Prakash, A. 2001. Antioxidant Activity. *Medaltion Laboratories Analitical Progres*. 19 (2): 37-42
- Putranto, A. W. 2014. Rancang Bangun dan Optimasi Total Karoten Jus Wortel (*Daucus carota L.*) Menggunakan Pulsed Electric Field Sistem Batch. *Tesis*. Universitas Brawijaya. Malang
- Putri, N. K., Gunawan I. W., dan Suarsa I. W. 2015. Aktivitas Antioksidan Antosianin dalam Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) dan Analisis Kadar Totalnya. *Jurnal Kimia*. 9 (2): 243-251
- Rivera, J., Ordorica C, and Wesche P. 2008. Changes in Anthocyanin Concentration in Lychee (*Litchi chinensis Sonn*) Pericarp During Maturation. *Journal Food Chemistry*. 65: 195-200

- Safdar, N. M., Tusneem K., Saqib J., Amer M., Karam A., and Ambreen A. S. 2017. Extraction and Quantification of Polyphenols from Kinnow (*Citrus reticulata* L.) Peel Using Ultrasound and Maceration Techniques. *Journal of Food and Drug Analysis*. 25 (3): 488-500
- Sandrasari, D.A. 2008. Aktivitas Antioksidan dan Hubungannya dengan Nilai Total Penol Ekstrak Sayuran Indigenous. *Skripsi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Santoso, W. E. A., dan Estiasih T. 2014. Kopigmentasi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* var. *Ayamurasaki*) dengan Kopigmen Na-Kaseinat dan Protein Whey Serta Stabilitasnya Terhadap Pemanasan. *Jurnal Review*. 2 (4): 121-127
- Saputra, I., Ghuzrina P., Siti Z., dan Muhammad R. 2013. Ekstraksi Senyawa Bioaktif Daun Moringa Oleifera. *Jurnal Teknik POMITS*. 2 (1): 37-45
- Sari, R. P. 2015. Pengaruh Jumlah Pelarut Air dan Uji Stabilitas Terhadap Karakteristik Zat Warna Daun Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Pewarna Alami Tekstil. *Skripsi*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Sholihah, M. 2016. Ultrasonic-Assisted Extraction Antioksidan dari Kulit Manggis. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Simanjuntak, M.R. 2008. Ekstraksi dan Fraksinasi Komponen Ekstrak Daun Tumbuhan Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) serta Pengujian Efek Sediaan Krim Terhadap Penyembuhan Luka Bakar. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Sitiatava, R.P. 2011. *Buah Naga: Tidak Cuma Enak, Tetapi juga Sarat Obat-obatan Cespleng*. Laksana. Yogyakarta
- Thirugnanasambandham, S., dan Sivakumar V. 2015. Microwave Assisted Extraction Process of Betalain from Dragon Fruit and its Antioxidant Activities. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 16: 41-48
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. *Pedoman Bertanam Buah Naga*. Nuansa Aulia. Bandung
- Toepfl, S. 2006. Pulsed Electric Fields (PEF) for Permeabilization of Cell Membranes in Food and Bioprocessing – Applications, Process and

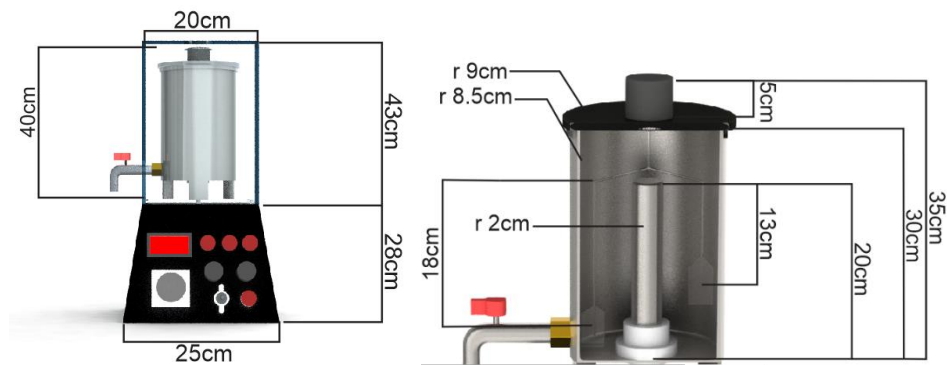
- Equipment Design and Cost Analysis. *PhD Dissertation*. Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin. Jerman
- Umar, F. 2008. Optimasi Ekstraksi Flavonoid Total Daun Jati Belanda. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto M. M., Barbosa-Canovas G. V., and Swanson B. G. 2007. *Pulsed Electric Fields in Food Preservation*. Second Edition, Taylor & Francis Group, LLC. Virginia
- Wahyuni, D. T., dan Simon B. W. 2015. Pengaruh Jenis Pelarut dan Lama Ekstraksi Terhadap Ekstrak Karotenoid Labu Kuning dengan Metode Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3 (2): 390- 401
- Wang, H., Cao G., Prior R. L. 2007. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 45: 304-309
- Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Mbrio Press. Bogor
- Winarti, S dan Adurrozaq F. 2010. Stabilitas Warna Merah Ekstrak Bunga Rosela untuk Pewarna Makanan dan Minuman. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Surabaya
- Winarti, S., dan Firdaus A. 2010. Stabilitas Warna Merah Ekstrak Bunga Rosela Untuk Pewarna Makanan dan Minuman. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(2): 87-98
- Yuniwati, M., Kusuma A.W., Yunanto F. 2012. Optimasi Kondisi Proses Ekstraksi Zat Pewarna dalam Daun Suji dengan Pelarut Etanol. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta
- Zderic, A., and Edwin Z. 2016. Polyphenol Extraction from Fresh Tea Leaves by Pulsed Electric Field: A Study of Mechanisms. *Journal of Chemical Engineering*. 109 (1): 586-592
- Zhang, Z., Xin-An Z., Charles S. B., Margaret B., Zhong H., and Xia-Yu X. 2015. Effects of Pulsed Electric Fields (PEF) on Vitamin C and Its Antioxidant Properties. *Journal Molecular Sciences*. 16 (10): 24159-24173

LAMPIRAN

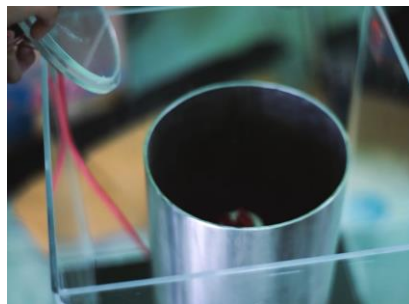
Lampiran 1. Spesifikasi Alat

Tegangan <i>Input</i>	1,2 – 20 V
Tegangan <i>Output</i>	6,2 – 40 kV
Arus	3 A
Kapasitas	0,35 – 9,1 L
Waktu kejut	0,05 detik – 100 jam @omron AT-8 N
Frekuensi	0,5 – 31 kHz
Lebar Pulsa	78 μ s
<i>Energy per Pulse</i>	0,241 Joule – 1,560 Joule
<i>Electric Field Strenght</i>	1,3 – 6,45 kV/cm

Dimensi NORMEX



Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan



Esktraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah



Pengujian tegangan tinggi NORMEX



Pengujian lebar pulsa NORMEX



Ekstrak pigmen antosianin kulit buah naga merah



Pengujian total antosianin dan aktivitas antioksidan kulit buah naga merah di laboratorium kimia dan biokimia pangan FTP UB

Lampiran 3. Perhitungan Efisiensi Total Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Pada Waktu Ekstraksi 30 detik

$$\frac{140,02 \frac{mg}{100g} - 23,3 \frac{mg}{100g}}{104,02 \frac{mg}{100g}} = 83,34\%$$

NORMEX memiliki efisiensi ekstraksi hingga 83,34%